भौतिकी

01

विज्ञान (Science) : साईंस (Science) शब्द की उत्पत्ति लैटिन शब्द सिंटिया (Scientia) से हुई है, जिसका अर्थ है ज्ञान (knowledge) या जानना (to know)। अर्थात् हमारे इस भौतिक जगत में जो कुछ भी घटित हो रहा है, उसका क्रमबद्ध या, व्यवस्थित ज्ञान (systematic knowledge) ही 'विज्ञान' कहलाता है।

विज्ञान की दो मुख्य शाखाएं हैं—1. प्राकृतिक विज्ञान (Natural Science) तथा 2. भौतिकीय विज्ञान (Physical Science)। प्राकृतिक विज्ञान के दो मुख्य भाग हैं—वनस्पति विज्ञान (Botany.) तथा जन्तु विज्ञान (Zoology)। भौतिकीय विज्ञान के भी दो मुख्य भाग हैं—भौतिकी (Physics) तथा रसायन विज्ञान (Chemistry)।

भौतिकी (Physics) : भौतिकी, विज्ञान की वह शाखा है जिसके अंतर्गत द्रव्य (matter) तथा ऊर्जा (energy) और उनकी परस्पर क्रियाओं का अध्ययन किया जाता है।

अध्ययन की सुविधा के लिए भौतिकी को आठ भागों में बांटा जाता है—1. यांत्रिकी (Mechanics), 2. ध्वनि (Sound), 3. ऊष्मा (Heat), 4. प्रकाश (Light), 5. विद्युत् (Electricity), 6. चुम्बकत्व (Megnetism), 7. आधुनिक एवं परमाणु भौतिकी (Modern and Atomic Physics), 8. इलेक्ट्रॉनिकी (Electronics)।

I. यांत्रिकी

1. मापन

राशि (Quantity) : जिसे संख्या के रूप में प्रकट किया जा सके, उसे राशि कहते हैं; जैसे—जनसंख्या, आयु, वस्तु का भार, मेज की लम्बाई आदि।

भौतिक राशियां (Physical Quantities) : भौतिकी के नियमों को जिन्हें राशियों के पदों में व्यक्त किया जाता है, उन्हें भौतिक राशियां कहते हैं; जैसे—वस्तु का द्रव्यमान, लम्बाई, बल, चाल, दूरी, विद्युत् धारा, घनत्व आदि।

भौतिक राशियां दो प्रकार की होती हैं—अदिश तथा सदिश।

1. अदिश (Scalars) : वैसी भौतिक राशियाँ, जिनमें केवल परिमाण (magnitude) होता है, दिशा (direction) नहीं होती, उन्हें अदिश कहा जाता है; जैसे—द्रव्यमान, घनत्व, तापमान, विद्युत् धारा, समय, चाल, आयतन, कार्य आदि।

2. सदिश (Vectors) : वैसी भौतिक राशियां, जिनमें परिमाण के साथ-साथ दिशाएं भी होती हैं और जो योग के निश्चित नियमों के अनुसार जोड़ी जाती हैं, उन्हें सदिश कहा जाता है; जैसे—वेग, विस्थापन, बल, रेखीय संवेग, कोणीय विस्थापन, कोणीय वेग, त्वरण, बल आघूर्ण, चुम्बकीय क्षेत्र प्रेरण, चुम्बकीय क्षेत्र तीव्रता, चुम्बकन तीव्रता, चुम्बकीय आघूर्ण, विद्युत् तीव्रता, विद्युत् धारा घनत्व, विद्युत् ध्रुव आघूर्ण, विद्युत् ध्रुवण, चाल प्रवणता, ताप प्रवणता आदि।

माप के मात्रक / इकाई (Units of Measurement) : किसी राशि के मापन के निर्देश मानक को मात्रक (unit) कहते हैं अर्थात् किसी भी राशि की माप करने के लिए उसी राशि के एक निश्चित परिमाण को मानक (standard) मान लिया जाता है और उसे कोई नाम दे दिया जाता है। इसी को उस राशि का मात्रक कहते हैं। किसी दी हुई राशि की उसके मात्रक से तुलना करने की क्रिया को मापन कहते हैं। मात्रक दो प्रकार के होते हैं—(i) मूल मात्रक (ii) व्युत्पन्न मात्रक।

(i) मूल मात्रक / इकाई (Fundamental Units) : किसी भौतिक राशि को व्यक्त करने के लिए कुछ ऐसे मानकों का प्रयोग किया जाता है, जो अन्य मानकों से स्वतंत्र होते हैं, इन्हें मूल मात्रक कहते हैं; जैसे—लम्बाई, समय और द्रव्यमान के मात्रक क्रमशः मीटर, सेकेण्ड एवं किलोग्राम मूल इकाई है।

(ii) व्युत्पन्न मात्रक / इकाई (Derived Units) : किसी भौतिक राशि को जब दो या दो से अधिक मूल इकाइयों में व्यक्त किया जाता है, तो उसे व्युत्पन्न इकाई कहते हैं; जैसे—बल, दाब, कार्य एवं विभव के लिए क्रमशः न्यूटन, पास्कल, जूल एवं वोल्ट व्युत्पन्न मात्रक हैं।

मात्रक पद्धतियां (System of Units) : भौतिक राशियों के मापन के लिए निम्नलिखित चार पद्धतियां प्रचलित हैं—

(i) CGS पद्धति (Centimetre Gram Second System) : इस पद्धति में लम्बाई, द्रव्यमान तथा समय के मात्रक क्रमशः सेंटीमीटर, ग्राम और सेकण्ड होते हैं। इसलिए इसे Centimetre Gram Second या CGS पद्धति कहते हैं। इसे फ्रेंच या मीट्रिक पद्धति भी कहते हैं।

(ii) FPS पद्धति (Foot, Pound, Second System) : इस पद्धति में लम्बाई, द्रव्यमान तथा समय के मात्रक क्रमशः फुट, पाउण्ड और सेकण्ड होते हैं। इसे ब्रिटिश पद्धति भी कहते हैं।

(iii) MKS पद्धति (Metre Kilogram Second System) : इस पद्धति में लम्बाई, द्रव्यमान और समय के मात्रक क्रमशः मीटर, किलोग्राम और सेकण्ड होते हैं।

(iv) अन्तर्राष्ट्रीय मात्रक पद्धति (System International : S.I. Units) : सन् 1960 ई० में अन्तर्राष्ट्रीय माप-तौल के अधिवेशन में SI को स्वीकार किया गया जिसका पूरा नाम de Systeme Internationale d' Units है। वास्तव में, यह प्रद्धति MKS प्रद्धति का ही संशोधित एवं परिवर्द्धित (improved and extended) रूप है। आजकल इसी पद्धति का प्रयोग किया जाता है। इस पद्धति में सात मूल मात्रक तथा दो सम्पूरक मात्रक (Supplementary Units) हैं।

SI के सात मूल मात्रक (Seven Fundamental Units) **निम्नलिखित हैं :**

1. लम्बाई (Length) **का मूल मात्रक 'मीटर'** (Metre) : SI में लम्बाई का मूल मात्रक मीटर (Metre) है। 1 मीटर वह दूरी है, जिसे प्रकाश निर्वात् में 1/299792458 सेकण्ड में तय करता है।

2. द्रव्यमान (Mass) **का मूल मात्रक 'किलोग्राम'** (Kilogram) : फ्रांस के सेवरिस नामक स्थान पर माप-तौल के अन्तर्राष्ट्रीय माप तौल ब्यूरो (International Bureau of Weight and Measurement-IBWM) में सुरक्षित रखे प्लेटिनम-इरीडियम मिश्रधातु के बने हुए बेलन के द्रव्यमान को मानक किलोग्राम कहते हैं। इसे संकेत में किग्रा. (kg) लिखते हैं।

3. समय (Time) **का मूल मात्रक 'सेकण्ड'** (Second) : सीजियम-133 परमाणु की मूल अवस्था के दो निश्चित ऊर्जा स्तरों (hyperfine levels) के बीच संक्रमण (transition) से उत्पन्न विकिरण के 9192631770 आवर्तकालों की अवधि को 1 सेकण्ड कहते हैं। आइंस्टीन ने अपने प्रसिद्ध 'सापेक्षता का सिद्धांत' (Theory of Relativity) में समय को चतुर्थ विमा (fourth dimension) के रूप में प्रयुक्त किया है।

4. विद्युत्-धारा (Electric Current) **का मूल मात्रक 'ऐम्पियर'** (Ampere) : यदि दो लम्बे और पतले तारों को निर्वात् में 1 मीटर की दूरी पर एक-दूसरे के समानान्तर रखा जाए और उनमें ऐसे परिमाण की समान विद्युत् धारा प्रवाहित की जाए जिससे तारों के बीच प्रति मीटर लम्बाई में 2×10^{-7} न्यूटन का बल लगने लगे तो विद्युत् धारा के उस परिमाण को 1 ऐम्पियर कहा जाता है। इसका प्रतीक A है।

5. **ताप** (Temperature) **का मूल मात्रक 'केल्विन'** (Kelvin) : जल के त्रिक बिन्दु (triple point) के ऊष्मागतिक ताप के 1/273.16 वें भाग को केल्विन कहते हैं। इसका प्रतीक K होता है।

6. **ज्योति-तीव्रता** (Luminous Intensity) **का मूल मात्रक 'कैण्डेला'** (Candela) : किसी निश्चित दिशा में किसी प्रकाश स्रोत की ज्योति तीव्रता 1 कैण्डेला तब कही जाती है, जब यह स्रोत उस दिशा में 540×10^{12} हर्ट्ज का तथा 1/683 वाट / स्टेरेडियन तीव्रता का एकवर्णीय (monochromatic) प्रकाश उत्सर्जित करता है।

यदि घन कोण के अन्दर प्रति सेकण्ड 1 जूल प्रकाश ऊर्जा उत्सर्जित हो, तो उसे 1 वाट / स्टेरेडियन कहते हैं।

7. **पदार्थ की मात्रा** (Amount of Substance) **का मूल मात्रक 'मोल'** (Mole) : एक मोल, पदार्थ की वह मात्रा है, जिसमें उसके अवयवी तत्वों (परमाणु, अणु, ··· आदि) की संख्या 6.023×10^{23} होती है। इस संख्या को **ऐवोगाड्रो नियतांक** (Avogadro's Constant) कहते हैं।

नोट : मोल पदार्थ के परिमाण का मात्रक है, यह द्रव्यमान का मात्रक नहीं है।

SI के दो सम्पूरक मात्रक (Supplementary Units) हैं—(i) रेडियन (ii) स्टेरेडियन

(i) रेडियन (Radian) : किसी वृत्त की त्रिज्या के बराबर लम्बाई के चाप द्वारा उसके केन्द्र पर बनाया गया कोण एक रेडियन होता है। इस मात्रक का प्रयोग समतल पर बने कोणों (plane angles) को मापने के लिए किया जाता है।

(ii) स्टेरेडियन (Steradian) : किसी गोले की सतह पर उसकी त्रिज्या के बराबर भुजा वाले वर्गाकार क्षेत्रफल द्वारा गोले के केन्द्र पर बनाए गए घन कोण को 1 स्टेरेडियन कहते हैं। यह ठोसीय कोणों (solid angles) को मापने का मात्रक है।

मूल मात्रक (Fundamental Units)

भौतिक राशि (Physical Quantity)	SI मात्रक/इकाई (SI Unit)	प्रतीक/संकेत (Symbol)
लंबाई (Length)	मीटर (Metre)	m
द्रव्यमान (Mass)	किलोग्राम (Kilogram)	kg
समय (Time)	सेकण्ड (Second)	s
विद्युत्-धारा (Electric Current)	ऐम्पियर (Ampere)	A
ताप (Temperature)	केल्विन (Kelvin)	K
ज्योति-तीव्रता (Luminous Intensity)	कैण्डेला (Candela)	cd
पदार्थ की मात्रा (Amount of Substance)	मोल (Mole)	mol

सम्पूरक मात्रक (Supplementary Units)

समतल कोण (Plane Angles)	रेडियन (Radian)	rad
ठोसीय कोण (Solid Angles)	स्टेरेडियन (Steradian)	sr

कुछ प्रमुख व्युत्पन्न मात्रक (Derived Units)

भौतिक राशि	राशि की परिभाषा	SI मात्रक
क्षेत्रफल (Area)	Length Square	m^2
आयतन (Volume)	Length Cube	m^3

भौतिक राशि	राशि की परिभाषा	SI मात्रक
घनत्व (Density)	Mass per Unit Volume	kg/m^3 $\Rightarrow kg\ m^{-3}$
चाल (Speed)	Distance Travelled per Unit Time	$m/s \Rightarrow m \cdot s^{-1}$
वेग (Velocity)	Displacement per Unit Time	$m/s \Rightarrow m \cdot s^{-1}$
त्वरण (Acceleration)	Change in Velocity per Unit Time	$m/s^2 \Rightarrow m \cdot s^{-2}$
बल (Force)	Mass × Acceleration	$kg \cdot m/s^2$ $\Rightarrow kg \cdot ms^{-2} = N$
संवेग (Momentum)	Mass × Velocity	$kg \cdot m/s$ $\Rightarrow kg \cdot m \cdot s^{-1}$
आवेग (Impulse)	Force × Time interval	N.s
दाब (Pressure)	Force per Unit Area	N/m^2 $\Rightarrow N \cdot m^{-2} = Pa$
कार्य या ऊर्जा (Work or Energy)	Force × Distance	N.m = Joule
शक्ति (Power)	$\frac{\text{Work Done}}{\text{Time Taken}}$	J/s = Watt

दस के विभिन्न घातों के प्रतीक (Symbols for Various Powers of 10) : भौतिकी में बहुत छोटी और बहुत बड़ी राशियों के मानों को दस के घात के रूप में व्यक्त किया जाता है। 10 के कुछ घातों को विशेष नाम तथा संकेत में व्यक्त करते हैं, जो निम्नलिखित हैं—

दस के घात	नाम (prefix)	प्रतीक	दस के घात	नाम (prefix)	प्रतीक
10^{18}	एक्सा (Exa)	E	10^{-1}	डेसी (Deci)	d
10^{15}	पेटा (Peta)	P	10^{-2}	सेन्टी (Centi)	c
10^{12}	टेरा (Tera)	T	10^{-3}	मिली (Milli)	m
10^{9}	गीगा (Giga)	G	10^{-6}	माइक्रो (Micro)	μ
10^{6}	मेगा (Mega)	M	10^{-9}	नैनो (Nano)	n
10^{3}	किलो (Kilo)	k	10^{-12}	पिको (Pico)	p
10^{2}	हेक्टो (Hecto)	h	10^{-15}	फेम्टो/फर्मी (Femto/Fermi)	f
10^{1}	डेका (Deca)	da	10^{-18}	एटो (Atto)	a

कुछ महत्त्वपूर्ण मात्रक :

अत्यधिक लंबी दूरियों के मापने में प्रयोग किए जानेवाले मात्रक—

1. **खगोलीय इकाई** (Astronomical Unit-A.U.) : यह दूरी का मात्रक है। सूर्य और पृथ्वी के बीच की माध्य दूरी (mean distance) 'खगोलीय इकाई' कहलाती है।

$$1\ \text{A.U.} = 1.495 \times 10^{11}\ \text{Metres}$$

2. **प्रकाश वर्ष** (Light Year-ly) : यह दूरी का मात्रक है। एक प्रकाश वर्ष निर्वात् में प्रकाश के द्वारा एक वर्ष में चली गयी दूरी है, जो 9.46×10^{15} मी० के बराबर होती है।

3. **पारसेक** (Parsec = Parallax Second) : यह दूरी मापने की सबसे बड़ी इकाई है।

$$(1\ \text{Parsec} = 3.08 \times 10^{16} \text{m})$$

लंबाई / दूरी के मात्रक

1 किलोमीटर (km)	= 1000 मी०
1 मील (Mile)	= 1.60934 किमी०
1 नाविक मील (NM)	= 1.852 किमी०
1 खगोलीय इकाई	= 1·495 × 10^{11} मी०
1 प्रकाश वर्ष (ly)	= 9.46 × 10^{15} मी० = 48612 A.U.
1 पारसेक (Parsec)	= 3.08 × 10^{16} मी० = 3.26 ly

समय के मात्रक

1 मिनट (minute)	= 60 सेकण्ड
1 घंटा (hour)	= 60 मिनट = 3600 सेकण्ड
1 दिन (day)	= 24 घंटे
1 सप्ताह (week)	= 7 दिन
1 चन्द्र मास (lunar month)	= 4 सप्ताह = 28 दिन
1 सौर मास (solar month)	= 30 या 31 दिन (फरवरी 28 या 29 दिन)
1 वर्ष (year)	= 13 चन्द्रमास 1 दिन = 12 सौर मास = 365 दिन
1 लीप वर्ष (leap year)	= 366 दिन

द्रव्यमान के मात्रक

1 आउन्स (Ounce-OZ)	= 28·35 ग्राम
1 पाउण्ड (Pound-lb)	= 16 आउन्स = 453.52 ग्राम
1 किलोग्राम (Kilogram-kg)	= 2.205 पाउण्ड = 1000 ग्राम
1 क्विंटल (Quintal)	= 100 किग्रा०
1 मीट्रिक टन (Metric ton -t)	= 1000 किग्रा०

क्षेत्रफल के मात्रक

1 एकड़ (acre)	= 4840 वर्ग गज = 43560 वर्ग फुट = 4046.94 वर्ग मीटर
1 हेक्टेयर (hectare)	= 2.5 एकड़
1 वर्ग किलोमीटर (Square Kilometre)	= 100 हेक्टेयर
1 वर्ग मील (Square mile)	= 2.6 वर्ग किलोमीटर = 256 हेक्टेयर = 640 एकड़

आयतन के मात्रक

1 लीटर (litre)	= 1000 घन सेंटीमीटर (cc) = 0.2642 गैलन
1 गैलन (gallon)	= 3.785 लीटर

विमाएं

1. यांत्रिकी में लंबाई (Length), द्रव्यमान (Mass) व समय (Time) की मूल राशियों को प्रकट करने के लिए क्रमशः L, M व T संकेतों का प्रयोग किया जाता है। यांत्रिकी में प्रयुक्त विभिन्न व्युत्पन्न राशियों को L, M, T की विभिन्न घातों के रूप में लिखा जा सकता है, जैसे—

$$\text{क्षेत्रफल} = \text{लंबाई} \times \text{चौड़ाई}$$
$$= L \times L = L^2$$

$$\text{आयतन} = \text{लंबाई} \times \text{चौड़ाई} \times \text{ऊँचाई}$$
$$= L \times L \times L = L^3$$

2. यदि किसी राशि के मूल मात्रक ज्ञात होने पर उस राशि की विमाएँ लिखी जा सकती हैं। उसी तरह किसी राशि की विमा ज्ञात होने पर उसका मूल मात्रक भी लिखा जा सकता है।

उदाहरण : क्षेत्रफल का मूल मात्रक = मीटर^2 = $[L^2]$

क्षेत्रफल की विमा = $[L^2]$ = मीटर^2

कुछ सामान्य भौतिक राशियों की विमाएं

भौतिक राशि	SI मात्रक	विमाएं
क्षेत्रफल	m^2	$[L^2]$
आयतन	m^3	$[L^3]$
घनत्व	$kg\ m^{-3}$	$[ML^{-3}]$
चाल	$m{\cdot}s^{-1}$	$[LT^{-1}]$
वेग	$m{\cdot}s^{-1}$	$[LT^{-1}]$
त्वरण	$m{\cdot}s^{-2}$	$[LT^{-2}]$
बल	$kg{\cdot}ms^{-2}$	$[MLT^{-2}]$
संवेग	$kg \cdot m{\cdot}s^{-1}$	$[MLT^{-1}]$
आवेग	$N{\cdot}s \Rightarrow kg{\cdot}m{\cdot}s^{-2}{\cdot}s$ $\Rightarrow kg{\cdot}m{\cdot}s^{-1}$	$[MLT^{-1}]$
दाब	$N{\cdot}m^{-2} \Rightarrow kg{\cdot}m{\cdot}s^{-2}{\cdot}m^{-2}$ $\Rightarrow kg{\cdot}m^{-1}{\cdot}s^{-2}$	$[ML^{-1}T^{-2}]$

2. गति

विराम और गति (Rest and Motion): यदि किसी वस्तु की स्थिति किसी स्थिर वस्तु के सापेक्ष समय के साथ बदलती रहती है, तो उसे गति अवस्था में कही जाती है; जैसे—चलती ट्रेन जो बिजली पोल या पटरी के किनारे स्थित पेड़ पौधे के सापेक्ष अपनी स्थिति बदलती रहती है। समय के साथ स्थिर वस्तु के सापेक्ष स्थिति नहीं बदलने पर उसे विराम अवस्था कही जाती है।

दूरी (Distance): वस्तु द्वारा किसी समय-अन्तराल में तय किए गए मार्ग की सम्पूर्ण लम्बाई को दूरी कहते है। यह एक अदिश राशि है। यह सदैव धनात्मक होती है।

विस्थापन (Displacement): वस्तु की अंतिम स्थिति तथा प्रारंभिक स्थिति के बीच की न्यूनतम दूरी को विस्थापन कहते हैं। विस्थापन एक सदिश राशि है, इसमें परिमाण एवं दिशा दोनों होते हैं। विस्थापन का मान धनात्मक, ऋणात्मक या शून्य कुछ भी हो सकता है।

चाल (Speed): कोई वस्तु इकाई समय में जितनी दूरी तय करती है, उसे उसकी चाल कहते हैं। चाल एक अदिश राशि है। इसका SI मात्रक मीटर प्रति सेकण्ड (m/s) होता है।

वेग (Velocity): कोई वस्तु इकाई समय में किसी निश्चित दिशा में जितनी दूरी तय करती है, यानी जितनी विस्थापित होती है, उसे उस वस्तु का वेग कहते हैं। यह एक सदिश राशि है। इसका SI मात्रक मीटर प्रति सेकण्ड (m/s) होता है। वेग धनात्मक, ऋणात्मक या शून्य हो सकता है।

औसत चाल (Average Speed): (i) जब वस्तु भिन्न-भिन्न चालों से समान दूरी तय करती है—यदि कोई वस्तु किसी दूरी को v_1 चाल से तय करती है, और उसके बाद उतनी ही दूरी v_2 चाल से तय करती है, तो सम्पूर्ण यात्रा में उसकी औसत चाल $= \dfrac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2}$

(ii) जब वस्तु भिन्न-भिन्न चालों से समान समय तक चलती हैं—यदि यात्रा के पहले आधे समय में कार की चाल v_1 तथा यात्रा के दूसरे आधे समय में कार की चाल v_2 हो, तो सम्पूर्ण यात्रा में औसत चाल $= \dfrac{v_1 + v_2}{2}$

त्वरण (Acceleration) : किसी वस्तु के वेग परिवर्तन की दर को उस वस्तु का त्वरण कहते हैं। त्वरण को प्रायः a से सूचित करते हैं। इसका SI मात्रक मीटर प्रति वर्ग सेकण्ड (m/s^2) होता है। यदि वस्तु के वेग में बराबर समयान्तरालों में बराबर परिवर्तन हो रहा है, तो उसका त्वरण 'एकसमान' कहलाता है। यदि वस्तु के वेग का परिमाण समय के साथ-साथ बढ़ रहा है, तो वस्तु का त्वरण धनात्मक होता है। यदि वेग का परिमाण घट रहा है, तो त्वरण ऋणात्मक होता है, तब इसे मंदन (Retardation / Deceleration) कहते है।

एकसमान त्वरित गति के लिए गैलीलियो के समीकरण (Galileo's Equations for Uniformly Accelerated Motions) : यदि किसी वस्तु का प्रारंभिक वेग u तथा त्वरण a हो और वस्तु द्वारा s दूरी चलकर t सेकंड पश्चात् उसका अंतिम वेग v हो जाय तो—

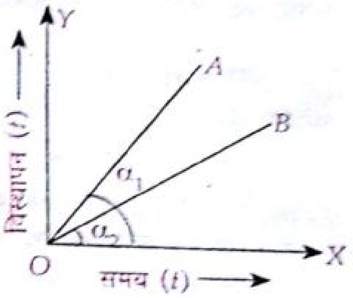
(i) $v = u + at$ (ii) $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

(iii) $v^2 = u^2 + 2as$

(iv) $s_n = u + \frac{1}{2}a(2n - 1)$, जहां s_n = वस्तु द्वारा nवें सेकण्ड में तय की गई दूरी

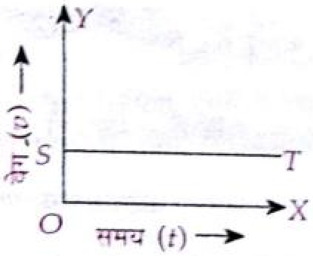
गति संबंधी ग्राफ :

1. विस्थापन-समय ग्राफ (Displacement-Time Graph): यदि कोई वस्तु एक सरल रेखा में एकसमान वेग से गति करती है, तो उसका विस्थापन-समय ग्राफ एक सरल रेखा होता है, जिसकी प्रवणता (slope) उस वस्तु की चाल बतलाती है। प्रवणता अधिक होने पर वस्तु की चाल अधिक होती है। दिए गए चित्र में $\angle AOX > \angle BOX$ अर्थात् वस्तु A की प्रवणता वस्तु B के प्रवणता से अधिक है, इसीलिए दिए गए ग्राफ में वस्तु A की चाल वस्तु B से अधिक होगी।

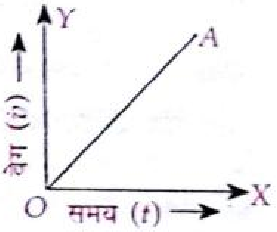


2. वेग-समय ग्राफ (Velocity-Time graph) :

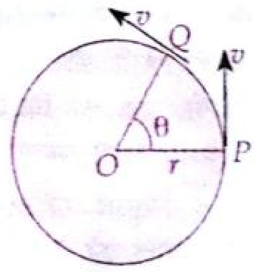
(a) एकसमान गति (Uniform Motion) : यदि कोई वस्तु एकसमान गति कर रही है, तो उसका वेग नियत होगा, अतः वेग-समय ग्राफ एक सरल रेखा होगा, जो समय अक्ष के समानान्तर होगा। जैसा चित्र में रेखा ST द्वारा प्रदर्शित है।



(b) एकसमान त्वरित गति (Uniformly Accelerated Motion) : यदि वस्तु एकसमान त्वरण से सरल रेखा में गति कर रही हो, तो वेग-समय ग्राफ भी सरल रेखा होता है, जो समय अक्ष के साथ कुछ कोण बनाती है। चित्र में सरल रेखा OA एक समान त्वरित गति में वेग-समय ग्राफ को प्रदर्शित करती है।



वृत्तीय गति (Circular motion) : जब कोई वस्तु किसी वृत्ताकार मार्ग पर गति करती है, तो उसकी गति को वृत्तीय गति कहते हैं। यदि वह एकसमान चाल से गति करती है, तो उसकी गति को समरूप या एकसमान वृत्तीय गति (Uniform Circular Motion) कहते हैं। एकसमान वृत्तीय गति त्वरित होती है, क्योंकि वृत्त के प्रत्येक बिन्दु पर वेग की दिशा बदल जाती है।



कोणीय वेग (Angular velocity) : वृत्ताकार मार्ग पर गतिशील कण को वृत्त केन्द्र से मिलाने वाली रेखा एक सेकण्ड में जितने कोण से घूम जाती है, उसे उस कण का कोणीय वेग कहते हैं और इसे प्रायः ग्रीक वर्णमाला के अक्षर ω (ओमेगा) से सूचित किया जाता है, जैसे—चित्र में रेखा OP, t सेकण्ड में θ रेडियन से घूम जाती है, तो कोणीय वेग $\omega = \theta/t$ = rad/sec

यदि कण 1 सेकण्ड में n चक्कर लगाता है, तो, $\omega = 2\pi n$

(क्योंकि 1 चक्कर में रेखा OP, 2π रेडियन से घूम जाती है।)

यदि वृत्ताकार मार्ग की त्रिज्या r है, और कण 1 सेकण्ड में n चक्कर लगाता है, तो उसके द्वारा 1 सेकण्ड में चली गई दूरी = वृत्त की परिधि $\times n = 2\pi r n$.

अतः कण का रेखीय वेग $v = 2\pi r n$

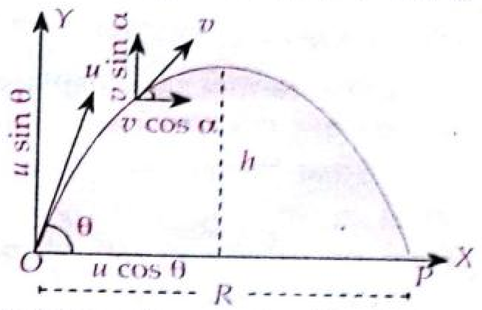
$$\Rightarrow \quad v = (2\pi n)\cdot r$$

$$\therefore \quad v = \omega \cdot r \qquad [\because \omega = 2\pi n]$$

i.e., रेखीय वेग = कोणीय वेग × त्रिज्या

प्रक्षेप्य गति (Projectile Motion) : जब कोई वस्तु क्षैतिज से कोई कोण बनाते हुए ऊर्ध्वाधर तल में प्रक्षेपित किया जाता है, तो उसका पथ परवलय होता है। पिण्ड की यह गति प्रक्षेप्य गति कहलाती है।

उड्डयन काल (Time of Flight) : पिंड को फेंकने तथा वापस पृथ्वी पर गिरने के बीच के समय को उड्डयन काल कहते हैं। $T = \dfrac{2u\sin\theta}{g}$



जहाँ u प्रारंभिक वेग है, जिस पर किसी पिण्ड को क्षैतिज से θ कोण पर प्रक्षेपित किया जाता है।

प्रक्षेप्य की महत्तम ऊँचाई (Maximum Height of Projectile) $h = \dfrac{u^2\sin^2\theta}{2g}$

परास (Range) : पिंड अपने उड्डयन काल में जितनी क्षैतिज दूरी तय करता है, उसे परास कहते है। $R = \dfrac{u^2\sin 2\theta}{g}$

यदि $\theta = 45°$, तो $R_{\max} = \dfrac{u^2\sin 90^\circ}{g} = \dfrac{u^2}{g}$

प्रक्षेप्य कोण θ एवं $(90^\circ - \theta)$ दोनों के लिए क्षैतिज परास का मान समान होगा, अर्थात् इन दोनों मानों के लिए, $R = \dfrac{u^2\sin 2\theta}{g}$

न्यूटन के गति के नियम (Newton's Laws of Motion)

गति के नियमों को सबसे पहले सर आइजक न्यूटन ने सन् 1687 ई० में अपनी पुस्तक प्रिंसीपिया (Principia) में प्रतिपादित किया। इसीलिए इस वैज्ञानिक के सम्मान में इन नियमों को न्यूटन के गति नियम कहते हैं। न्यूटन के गति विषयक नियम निम्न हैं—

प्रथम नियम (First Law) : कोई वस्तु विराम की अवस्था में है, तो वह विराम की अवस्था में ही रहेगी और यदि वह एकसमान गति से किसी सीधी रेखा में चल रही हो, तो वैसे ही चलती रहेगी, जब तक कि उस पर कोई बाहरी बल लगाकर उसकी अवस्था में परिवर्तन न किया जाय। अर्थात, सभी वस्तुएँ अपनी प्रारंभिक अवस्था को बनाये रखना चाहती है।

वस्तुओं की प्रारंभिक अवस्था (विराम या गति की अवस्था) में स्वतः परिवर्तन नहीं होने की प्रवृत्ति को जड़त्व (Inertia) कहते हैं। इसीलिए न्यूटन के प्रथम नियम को 'जड़त्व का नियम' भी कहा जाता है।

बल वह बाह्य कारक है, जिसके द्वारा किसी वस्तु की विराम अथवा गति की अवस्था में परिवर्तन किया जाता है। अतः प्रथम नियम हमें बल की परिभाषा (definition of force) देता है।

जड़त्व के कुछ उदाहरण :

(i) रुकी हुई गाड़ी के अचानक चल पड़ने पर उसमें बैठे यात्री पीछे की ओर झुक जाते हैं।

(ii) चलती हुई गाड़ी के अचानक रुकने पर उसमें बैठे यात्री आगे की ओर झुक जाते हैं।

(iii) गोली मारने से काँच में गोल छेद हो जाता है, परन्तु पत्थर मारने पर वह काँच टुकड़े-टुकड़े हो जाता है।

(iv) हथौड़े को हत्थे में कसने के लिए हत्थे को जमीन पर मारते हैं।

(v) कम्बल को हाथ से पकड़कर डण्डे से पीटने पर धूल के कण झड़कर गिर पड़ते हैं।

(vi) यदि पानी से भरे गिलास के ऊपर एक पोस्टकार्ड और उस पर एक सिक्का रखें तथा पोस्टकार्ड को आगे की ओर झटका दें तो पोस्टकार्ड आगे की ओर गिरता है जबकि सिक्का गिलास में रखे पानी में।

(vii) पेड़ की टहनियों को हिलाने से उससे फल टूटकर नीचे गिर पड़ते हैं।

(viii) एक लॉन रोलर (Lawn roller) को गति में लाने में या एक गतिशील लॉन रोलर को विराम में लाने में अधिक बल की जरूरत पड़ती है जबकि एक गतिशील लॉन रोलर को गति में बनाये रखने में अपेक्षाकृत कम बल की जरूरत पड़ती है।

द्वितीय नियम (Second Law) : "वस्तु के संवेग (momentum) में परिवर्तन की दर उस पर आरोपित बल के अनुक्रमानुपाती होती है तथा संवेग परिवर्तन आरोपित बल की दिशा में ही होता है।" इस नियम को एक अन्य रूप में भी व्यक्त किया जा सकता है—"किसी वस्तु पर आरोपित बल, उस वस्तु के द्रव्यमान तथा बल की दिशा में उत्पन्न त्वरण के गुणनफल के बराबर होता है।" यदि किसी m द्रव्यमान की वस्तु पर F बल आरोपित करने से उसमें बल की दिशा में a त्वरण उत्पन्न होता है, तो द्वितीय नियम के अनुसार, $F = ma$

यदि $F = 0$ हो, तो $a = 0$ (क्योंकि m शून्य नहीं हो सकता है) अर्थात् यदि वस्तु पर बाहरी बल न लगाया जाए, तो वस्तु में त्वरण उत्पन्न नहीं होगा। यदि त्वरण का मान शून्य है, तो इसका अर्थ है कि या तो वस्तु नियत वेग से गतिमान है या विरामावस्था में है। इससे स्पष्ट है कि बल के अभाव में वस्तु अपनी गति अथवा विराम अवस्था को बनाए रखती है। गति के द्वितीय नियम से बल का व्यंजक (Measure of Force) प्राप्त होता है।

बल के मात्रक (Units of Force) : SI पद्धति में बल का मात्रक न्यूटन (Newton – N) है। $F = ma$ से, यदि $m = 1$ किग्रा० तथा $a = 1$ मीटर / सेकण्ड^2 हो, तो $F = 1$ न्यूटन। अतः 1 न्यूटन बल वह बल है, जो 1 किग्रा० द्रव्यमान की किसी वस्तु में 1 मीटर / सेकण्ड^2 का त्वरण उत्पन्न कर दे। बल का एक और मात्रक किग्रा-भार है। इस बल को गुरुत्वीय मात्रक कहते है। 1 किग्रा भार उस बल के बराबर है, जो 1 किग्रा की वस्तु पर गुरुत्व के कारण लगता है। न्यूटन के द्वितीय नियम के अनुसार,

$$\text{गुरुत्वीय बल} = \text{द्रव्यमान} \times \text{गुरुत्वीय त्वरण}$$

किसी वस्तु पर लगने वाले गुरुत्वीय बल को वस्तु का भार (weight) कहते हैं। इसे w से सूचित करते हैं। इस प्रकार $w = m \times g$

यदि $m = 1$ किग्रा तब $w = 1$ किग्रा भार। g का मान 9.8 मीटर / सेकण्ड^2 होता है।

$$\therefore\ 1 \text{ किग्रा भार} = 1 \text{ किग्रा} \times 9.8 \text{ मीटर / सेकण्ड}^2$$

$$= 9.8 \text{ किग्रा मीटर / सेकण्ड}^2$$

$$= 9.8 \text{ न्यूटन}$$

$$\text{अब } w = mg \text{ or } g = w/m$$

इस समीकरण में भार w एक बल है, जिसका मात्रक न्यूटन है। द्रव्यमान m का मात्रक किग्रा है। अतः उपर्युक्त समीकरण के अनुसार गुरुत्वीय त्वरण को न्यूटन / किग्रा मात्रक से भी व्यक्त किया जा सकता है।

संवेग (Momentum–p) : किसी गतिमान वस्तु के द्रव्यमान तथा वेग के गुणनफल को उस वस्तु का 'संवेग' कहते हैं।

$$\text{संवेग } (p) = \text{द्रव्यमान } (m) \times \text{वेग } (v)$$

i.e., $$p = m \times v$$

संवेग एक सदिश राशि है। इसका मात्रक किग्रा० मीटर/सेकंड (kg·m/s) होता है।

आवेग (Impulse–J) : यदि कोई बल किसी वस्तु पर कम समय तक कार्यरत रहे तो बल और समय-अन्तराल के गुणनफल को उस वस्तु का 'आवेग' कहते है।

$$\text{आवेग } (J) = \text{बल } (F) \times \text{समय-अन्तराल } (t)$$

i.e., $$J = F \times t$$

द्वितीय नियम (संवेग, आवेग) के उदाहरण—

(i) समान वेग से आती हुई क्रिकेट गेंद एवं टेनिस गेंद में से टेनिस गेंद को कैच करना आसान होता है।

(ii) क्रिकेट खिलाड़ी तेजी से आती हुई गेंद को कैच करते समय अपने हाथों को गेंद के वेग की दिशा में गतिमान कर लेता है ताकि चोट कम लगे।

(iii) गद्दा या मिट्टी के फर्श पर गिरने पर सीमेण्ट से बने फर्श पर गिरने की तुलना में कम चोट लगती है।

(iv) गाड़ियों में स्प्रिंग (spring) और शॉक एब्जार्बर (shock absorber) लगाए जाते हैं ताकि झटका कम लगे।

(v) कराटे खिलाड़ी द्वारा हाथ के प्रहार से ईंटों की पट्टी (slab) तोड़ना।

(vi) ऊँची कूद (high jump) एवं लंबी कूद (long jump) के लिए मैदान की मिट्टी खोद कर हल्की कर दी जाती है ताकि कूदने पर खिलाड़ी को चोट न लगे।

(vii) अधिक गहराई तक कील को गाड़ने के लिए भारी हथौड़े का उपयोग किया जाता है।

तृतीय नियम (Third Law) : इस नियम के अनुसार "प्रत्येक क्रिया के बराबर, परन्तु विपरीत दिशा में प्रतिक्रिया होती है।" अर्थात् दो वस्तुओं की पारस्परिक क्रिया में एक वस्तु जितना बल दूसरी वस्तु पर लगाती है, दूसरी वस्तु भी विपरीत दिशा में उतना ही बल पहली वस्तु पर लगाती है। इसमें से किसी एक बल को क्रिया व दूसरे बल को प्रतिक्रिया कहते हैं। इसीलिए इस नियम को **क्रिया-प्रतिक्रिया का नियम** (Action-Reaction Law) भी कहते हैं।

तृतीय नियम के उदाहरण—

(i) बंदूक से गोली छोड़ते समय पीछे की ओर झटका लगना।

(ii) नाव के किनारे पर से जमीन पर कूदने पर नाव का पीछे हटना।

(iii) नाव खेने के लिए बांस से जमीन को दबाना।

(iv) कुआँ से पानी खींचते समय रस्सी टूट जाने पर, व्यक्ति का पीछे गिर जाना।

(v) ऊँचाई से कूदने पर चोट लगना।

(vi) रॉकेट का आगे बढना।

संवेग-संरक्षण का नियम (Law of Conservation of Momentum) : न्यूटन के द्वितीय नियम के साथ न्यूटन के तृतीय नियम के संयोजन का एक बहुत ही महत्त्वपूर्ण परिणाम है संवेग-संरक्षण का नियम। इस नियम के अनुसार "एक या एक से अधिक वस्तुओं के निकाय (system) पर कोई बाहरी बल नहीं लग रहा हो, तो उस निकाय का कुल संवेग नियत रहता है, अर्थात् संरक्षित रहता है।" इस कथन को ही संवेग संरक्षण का नियम कहते हैं। अर्थात् एक स्तु में जितना संवेग परिवर्तन होता है, दूसरी में उतना ही संवेग परिवर्तन विपरीत दिशा में हो

जाता है। अतः जब कोई वस्तु पृथ्वी की ओर गिरती है, तो उसका वेग बढ़ता जाता है, जिससे उसका संवेग भी बढ़ता जाता है। वस्तु भी पृथ्वी को ऊपर की ओर खींचती है, जिससे पृथ्वी का भी ऊपर की ओर संवेग उसी दर से बढ़ता जाता है। इस प्रकार (पृथ्वी + वस्तु) का संवेग संरक्षित रहता है। चूँकि पृथ्वी का द्रव्यमान वस्तु की अपेक्षा बहुत अधिक होता है, अतः पृथ्वी में उत्पन्न वेग उपेक्षणीय होती है। रॉकेट के ऊपर जाने का सिद्धान्त भी संवेग संरक्षण पर आधारित है। रॉकेट से गैसें अत्यधिक वेग से पीछे की ओर निकलती हैं, जो रॉकेट के ऊपर उठने के लिए आवश्यक संवेग प्रदान करती हैं।

संवेग-संरक्षण नियम के उदाहरण :

(i) जब बराबर संवेग वाली दो गेंदें आपस में टक्कर मारती हैं तो गेंदें अचानक रुक जाती हैं। यहाँ निकाय (दोनों गेंदों) का कुल संवेग (total momentum) टक्कर (collision) के पूर्व शून्य है और टक्कर के बाद फिर से शून्य हो जाती है अर्थात् निकाय का कुल संवेग नियत है या संरक्षित है।

(ii) जब बंदूक से गोली छोड़ी जाती है तो वह अत्यधिक वेग से आगे की ओर बढ़ती है, जिससे गोली में आगे की दिशा में संवेग उत्पन्न हो जाता है। गोली भी बंदूक को प्रतिक्रिया बल के कारण पीछे को ढकेलती है, जिससे उसमें पीछे की ओर संवेग उत्पन्न हो जाता है। चूँकि बंदूक का द्रव्यमान गोली से अधिक होता है, जिससे बंदूक पीछे हटने का वेग गोली के वेग से बहुत कम होता है। बंदूक चलाने वाला बंदूक को कंधे से दबाकर रखता है ताकि बंदूक एवं शरीर एक हो जाएं। इस प्रकार द्रव्यमान बढ़ जाने से शरीर को बहुत अधिक धक्का नहीं लगता है। यदि दो एक समान गोलियाँ भारी तथा हल्की बंदूकों से अलग-अलग दागी जायें तो हल्की बंदूक अधिक वेग से पीछे की ओर हटेगी जिससे चोट लगने की संभावना अधिक होती है।

(iii) **रॉकेट प्रणोदन (Rocket Propulsion) :** किसी रॉकेट की उड़ान उन शानदार उदाहरणों में से एक है जिनमें न्यूटन का तीसरा नियम या संवेग-संरक्षण नियम स्वयं को अभिव्यक्त करता है। इसमें ईंधन की दहन से पैदा हुई गैसें बाहर निकलती हैं और इसकी प्रतिक्रिया रॉकेट को धकेलती है। यह एक ऐसा उदाहरण है जिसमें वस्तु का द्रव्यमान परिवर्तित होता रहता है क्योंकि रॉकेट में से गैस निकलती रहती है।

रॉकेट के लिहाज से रॉकेट से निकलने वाली गैसें लगभग स्थायी वेग से गति करती हैं। यदि दहन के दौरान गैस के निकलने की दर स्थायी हो तो संवेग परिवर्तन की दर भी स्थायी होगी। मगर चूँकि निकलने वाली गैसों के द्रव्यमान के कारण रॉकेट का द्रव्यमान कम होता जाता है इसलिए त्वरण स्थायी नहीं रहता। रॉकेट का वेग तथा त्वरण दोनों में ही वृद्धि होगी।

बल (Force) : बल वह बाहरी कारक है, जो किसी वस्तु की प्रारंभिक अवस्था यानी विराम की अवस्था या एक सरल रेखा में एकसमान गति की अवस्था को परिवर्तित कर सकता है, या परिवर्तित करने का प्रयास करता है। बल का SI मात्रक न्यूटन है। इसका CGS मात्रक डाइन है। $1 \text{ N} = 10^5$ dyne होता है।

बलों के प्रकार : प्रकृति में मूलतः बल चार प्रकार के होते हैं। विश्व के सभी बल इन्हीं के अन्तर्गत आ जाते हैं। ये बल हैं—(i) गुरुत्वाकर्षण बल, (ii) विद्युत् चुम्बकीय बल (iii) दुर्बल या क्षीण बल (iv) प्रबल बल।

(i) **गुरुत्वाकर्षण बल (Gravitational Force) :** ब्रह्माण्ड में प्रत्येक कण दूसरे कण को केवल अपने द्रव्यमान के कारण ही आकर्षित करते हैं तथा किन्हीं भी दो कणों के बीच इस प्रकार के आकर्षण को व्यापक रूप से गुरुत्वाकर्षण (gravitation) कहते हैं। जैसे—यदि एक-एक किलोग्राम के दो पिण्डों को 1 मीटर की दूरी पर रखा जाय, तो इनके मध्य 6.67×10^{-11}N का बल लगेगा। यह बल बहुत ही कम है, इसका कोई भी प्रभाव दिखाई नहीं देगा। परन्तु विशाल खगोलीय पिण्डों के मध्य यह बल इतना अधिक होता है, कि इसी के कारण वे केन्द्र के चारों

ओर घूमते रहते हैं और संतुलन में बने रहते हैं। पृथ्वी सूर्य के चारों ओर और चन्द्रमा पृथ्वी चारों ओर गुरुत्वाकर्षण बल के कारण ही घूमते रहते हैं।

(ii) विद्युत चुम्बकीय बल (Electromagnetic Force) : यह बल दो प्रकार का होता है— (a) स्थिर-वैद्युत बल तथा (b) चुम्बकीय बल।

(a) स्थिर-वैद्युत बल (Electrostatic force) : दो स्थिर बिन्दु आवेशों के बीच लगने वाला स्थिर-वैद्युत बल कहलाता है। q_1 एवं q_2 आवेशों जिनके बीच की दूरी r है, के बीच लगने वा स्थिर-वैद्युत बल $\frac{1}{4\pi\in}\frac{q_1q_2}{r^2}$ होता है, जहाँ $\in$ माध्यम की विद्युतशीलता (Permittivity) है।

(b) चुम्बकीय बल (Magnetic Force) : दो चुम्बकीय ध्रुवों के मध्य लगने वाला चुम्बकीय बल कहलाता है। m_1 एवं m_2 प्रबलता (Strength) वाले दो ध्रुवों, जिनके बीच की दू r है, के बीच लगने वाला चुम्बकीय बल $\frac{1}{4\pi\mu}\frac{m_1m_2}{r^2}$ होता है, जहाँ μ ध्रुवों के बीच के माध्यम चुम्बकशीलता (Permeability) है।

विद्युत् एवं चुम्बकीय बल मिलकर विद्युत-चुम्बकीय बल (Electro-Magnetic Force) की रचना करते हैं। यह 'फोटॉन' (Photon) नामक कण के माध्यम से कार्य करता है। विद्युत चुम्बकीय बल, गुरुत्वाकर्षण बल से 10^{38} गुना अधिक शक्तिशाली होता है। किसी रस्सी में तनाव (tension), दो गतिमान सतह के मध्य घर्षण (friction), सम्पर्क में रखी दो वस्तुओं के मध्य सम्पर्क बल (contact force), पृष्ठ तनाव (surface tension) आदि सभी विद्युत-चुम्बकीय बल हैं।

(iii) दुर्बल बल (Weak force) : रेडियो सक्रियता के दौरान निकलने वाला β-कण (इलेक्ट्रॉन), नाभिक के अन्दर एक न्यूट्रॉन का प्रोटॉन, इलेक्ट्रॉन एवं ऐन्टिन्यूट्रिनो के रूप में विघटन के फलस्वरूप निकलता है।

$$ {}_0^1n \rightarrow {}_1^1p + {}_{-1}^0\beta + \bar{r} $$

(न्यूट्रॉन) (प्रोटॉन) (इलेक्ट्रॉन) (ऐन्टिन्यूट्रिनो)

इलेक्ट्रॉन व ऐन्टिन्यूट्रिनो के बीच पारस्परिक-क्रिया (Interaction) क्षीण बलों के माध्यम से ही होता है। ये बल दुर्बल या क्षीण इसीलिए कहलाते हैं कि इनका परिमाण प्रबल बल का लगभग 10^{-13} गुना (अर्थात् बहुत कम) होता है और इनके द्वारा संचालित क्षय प्रक्रियाएँ अपेक्षाकृत बहुत धीमी गति से चलती हैं। ऐसा समझा जाता है कि ये बल, w-बोसॉन (w-Boson) नामक कण के आदान-प्रदान (exchange) द्वारा अपना प्रभाव दिखलाते हैं। यह अत्यन्त ही लघु परास वाला बल है। इसका परास प्रोटॉन और न्यूट्रॉन के आकार से भी कम होता है, अतः इनका प्रभाव इन कणों के अन्दर तक ही सीमित रहता है।

(iv) प्रबल बल (Strong force) : नाभिक के अन्दर दो प्रोटॉन व प्रोटॉन एवं न्यूट्रॉन पास-पास शक्तिशाली आकर्षण बल के कारण होते हैं, इसे ही प्रबल बल कहते हैं। इस बल का आकर्षण प्रभाव, वैद्युत बल के प्रतिकर्षण प्रभाव से बहुत ही अधिक होता है। यह बल कण के आवेश पर निर्भर नहीं करता है। यह बल अति लघु परास बल है, इसका परास 10^{-15} मी० की कोटि का होता है, अर्थात् दो प्रोटॉनों के बीच की दूरी इससे अधिक होगी, तो यह बल नगण्य होगा। ऐसा माना जाता है, कि प्रबल बल दो क्वार्कों (quarks) की पारस्परिक-क्रिया से उत्पन्न होते हैं।

बल का आवेग (Impulse of a force) : जब कोई बड़ा बल किसी वस्तु पर थोड़े समय के लिए कार्य करता है, तो बल तथा समय-अन्तराल के गुणनफल को उस बल का आवेग कहते हैं।

आवेग = बल × समय अन्तराल = संवेग में परिवर्तन

आवेग वस्तु के संवेग में परिवर्तन के बराबर होता है। यह एक सदिश राशि है, जिसका मात्रक न्यूटन सेकण्ड (Ns) है, तथा इसकी दिशा वही होती है, जो बल की दिशा होती है। जैसे—बल्ले द्वारा क्रिकेट की गेंद पर प्रहार कर गेंद को दूर भेजना, हथौड़े से कील ठोकना, क्रिकेट

की गेंद का कैच लेना आदि। एक निश्चित आवेग पर बल को कम करने के लिए समय को बढ़ाया जाता है। जैसे—क्रिकेट की गेंद को कैच करते समय खिलाड़ी अपना हाथ पीछे की ओर खींचता है, जिससे कि वह अधिक समय तक बल लगा सके। यदि वह हाथ को पीछे नहीं खींचे तो गेंद हथेली से टकराकर तुरंत ठहर जाएगी अर्थात् उसका संवेग एकाएक शून्य हो जाएगा। अतः खिलाड़ी को बहुत अधिक बल लगाना पड़ेगा, जिससे कैच छूटने तथा हाथ में चोट लगने की संभावना बनी रहेगी।

संतुलित बल (Balanced Force) : जब किसी पिंड पर एक से अधिक बल कार्य करते हों और उन सभी बलों का परिणामी बल शून्य हो, तो वह पिण्ड संतुलित अवस्था में होगा। इस दशा में पिंड पर लगने वाले सभी बल संतुलित बल कहलाते हैं।

असंतुलित बल (Unbalanced Force) : जब किसी वस्तु पर दो या दो से अधिक बल इस प्रकार लगते हैं कि वस्तु किसी एक बल की दिशा में गति करने लगती है, तो वस्तु पर लगने वाला बल असंतुलित बल कहलाता है।

घर्षण बल (Frictional Force) : सम्पर्क में रखी दो वस्तुओं के मध्य एक प्रकार का बल कार्य करता है, जो गति करने में वस्तु का विरोध करता है, यह बल ही घर्षण बल कहलाता है। इसकी दिशा सदैव वस्तु की गति की दिशा के विपरीत होती है।

घर्षण बल तीन प्रकार के होते हैं—(i) स्थैतिक घर्षण बल, (ii) सर्पी घर्षण बल, (iii) लोटनिक घर्षण बल।

(i) स्थैतिक घर्षण बल (Static Force of Friction) : जब किसी वस्तु को किसी सतह पर खिसकाने के लिए बल लगाया जाए और यदि वस्तु अपने स्थान से नहीं खिसके, तो ऐसे दोनों सतहों के मध्य लगने वाले घर्षण बल को स्थैतिक घर्षण बल कहते हैं। इसका परिमाण लगाए गए बल के बराबर तथा दिशा बल की दिशा के विपरीत होती है।

(ii) सर्पी घर्षण बल (Sliding Force of Friction) : जब कोई वस्तु किसी सतह पर सरकती है, तो सरकने वाली वस्तु तथा उस सतह के बीच लगने वाला घर्षण बल सर्पी घर्षण बल कहलाता है।

(iii) लोटनिक घर्षण बल (Rolling Force of Friction) : जब एक वस्तु किसी दूसरी वस्तु के सतह पर लुढ़कती है, तो इन दोनों वस्तुओं के सतहों के बीच लगने वाला बल लोटनिक घर्षण बल कहलाता है।

घर्षण बल की विशेषताएँ

(i) दो सतहों के मध्य लगने वाला घर्षण बल उनके सम्पर्क क्षेत्रफल पर निर्भर नहीं करता है। यह केवल सतहों की प्रकृति पर निर्भर करता है।

(ii) लोटनिक घर्षण बल का मान सबसे कम और स्थैतिक घर्षण बल का मान सबसे अधिक है।

(iii) घर्षण बल या घर्षण को कम करने के लिए मशीनों में स्नेहक (lubricate) तथा बॉल बियरिंग (ball bearings) लगाए जाते हैं, जो सर्पी घर्षण को लोटनिक घर्षण में बदल देते हैं।

(iv) ठोस-ठोस सतहों के मध्य घर्षण अधिक, द्रव-द्रव सतहों के मध्य उससे कम और वायु-ठोस सतहों के बीच घर्षण सबसे कम होता है।

घर्षण बल से लाभ :

(i) घर्षण बल के कारण ही मनुष्य सीधा खड़ा रह पाता है तथा चल पाता है।

(ii) घर्षण बल न होने पर हम केले के छिलके तथा बरसात में चिकनी सड़क पर फिसल जाते हैं।

(iii) यदि सड़कों पर घर्षण न हो तो पहिए फिसलने लगते हैं।

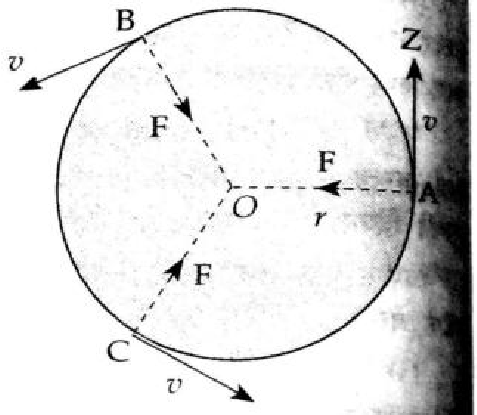
(iv) यदि पट्टे तथा पुली के बीच घर्षण न हो तो पट्टा मोटर के पहिए नहीं घुमा सकेगा।

घर्षण बल से हानि :

(i) मशीनों में घर्षण के कारण ऊर्जा का अपव्यय होता है और टूट-फूट अधिक

(ii) मशीनों के पुर्जों के बीच अत्यधिक घर्षण से काफी ऊष्मा पैदा होती है और मशी क्षति पहुँचती है।

अभिकेन्द्री बल (Centripetal forces) : जब कोई पिंड एक समान चाल v से त्रिज्या के वृत्तीय मार्ग पर गति करता है, तो उस पर अभिकेन्द्री त्वरण लगता है, जिसका परिमाण होता है, परन्तु त्वरण की दिशा लगातार बदलती रहती है। त्वरण की दिशा सदैव वृत्त के केन्द्र ओर होती है। न्यूटन के द्वितीय नियम के अनुसार, किसी पिंड में त्वरण उत्पन्न करने के त्वरण की दिशा में ही बल लगाया जाता है। अतः हम कह सकते हैं कि कण की वृत्तीय बनाए रखने के लिए, वृत्त के केन्द्र की ओर एक बल आवश्यक होता है। इस प्रकार, वृत्ताकार पथ में केन्द्र की ओर लगनेवाले बल (Inward Force) को अभिकेन्द्री बल कहते हैं। इस बल के अभाव में वस्तु वृत्ताकार मार्ग पर नहीं चल सकती है। यदि m द्रव्यमान का पिंड v चाल से r त्रिज्या के वृत्तीय मार्ग पर चल रहा है, तो उस पर कार्यकारी वृत्त के केन्द्र की ओर आवश्यक अभिकेन्द्री बल $F = \frac{mv^2}{r}$ होता है। यही वह बल है, जो पिंड को वृत्त की परिधि पर बनाए रखने का प्रयास करता है तथा उसे वृत्तीय गति करने के लिए बाध्य करता है।



Tangent line = AZ
r = radius = OA
v = Velocity
a = Centripetal acceleration =
F = Centripetal force = $m \cdot v^2 / r$

उदाहरण : (i) जब एक पत्थर के टुकड़े को किसी डोरी के एक सिरे से बाँधकर घुमाते हैं, तो डोरी को अन्दर की ओर खींचे रखना पड़ता है, अर्थात् डोरी पर निरन्तर अन्दर की ओर बल F लगाना पड़ता है। यह बल डोरी में उत्पन्न तनाव है, जो पत्थर के टुकड़े को वृत्ताकार में घूमने के लिए आवश्यक अभिकेन्द्री बल प्रदान करता है। डोरी के सिरे को हाथ से छोड़ पर डोरी के दूसरे सिरे पर बँधा पत्थर का टुकड़ा वृत्तीय मार्ग को छोड़कर, वृत्त की स्पर्श (Tangent Line) के अनुदिश भाग जाता है। इसका कारण है कि डोरी के सिरे को हाथ से पर डोरी का तनाव समाप्त हो जाता है, अर्थात् वृत्तीय मार्ग में गति बनाए रखने वाला अभि बल समाप्त हो जाता है, जिसके कारण पत्थर का टुकड़ा सरल रेखा में गमन करने लगता है

(ii) सूर्य के चारों ओर ग्रहों की गति तथा ग्रहों के चारों ओर प्राकृतिक और कृत्रिम उप की गति के लिए गुरुत्वाकर्षण बल, आवश्यक अभिकेन्द्रीय बल प्रदान करता है।

(iii) किसी मोड़ पर रेल या कार के मुड़ते समय पहियों व सड़क के मध्य लगने वाला बल, आवश्यक अभिकेन्द्री बल प्रदान करता है।

(iv) कीचड़ पर तेजी से चलती साइकिल, स्कूटर के पहियों द्वारा कीचड़ के कण ऊपर ओर स्पर्श रेखीय (Tangent) दिशा में फेंक दिये जाते हैं। यही कारण है कि इनके पहियों मडगार्ड (mud guard) लगाये जाते हैं।

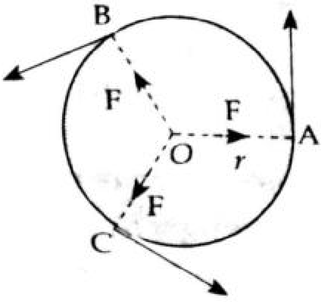
(v) इलेक्ट्रॉन का नाभिक के चारों ओर घूमना।

अभिकेन्द्री बल की प्रतिक्रिया (Reaction of Centripetal Force) : प्रत्येक क्रिया के एवं विपरीत प्रतिक्रिया होती है, (न्यूटन की गति का तीसरा नियम) यह क्रिया तथा प्रति सदैव अलग-अलग वस्तुओं पर कार्य करती हैं। अतः वृत्तीय पथ पर गतिमान वस्तु पर कार्य वाले अभिकेन्द्रीय बल की भी प्रतिक्रिया होती है।

उदाहरण : (i) जब हम पत्थर को डोरी से बाँधकर वृत्तीय पथ में घुमाते हैं, तो हमारा हाथ डोरी के तनाव द्वारा वृत्त के केन्द्र की ओर अभिकेन्द्री बल (क्रिया) लगाता है, जबकि पत्थर हमारे हाथ पर बाहर की ओर प्रतिक्रिया बल लगता है।

(ii) ''मौत के कुएँ'' में कुएँ की दीवार मोटर साइकिल पर अन्दर की ओर क्रिया बल लगाता है, जबकि इसकी प्रतिक्रिया बल मोटर साइकिल द्वारा कुएँ की दीवार पर बाहर की ओर कार्य करता है।

नोट : *कभी-कभी बाहर की ओर कार्य करने वाले इस प्रतिक्रिया बल को भ्रमवश अपकेन्द्री बल (Centrifugal Force) भी कह दिया जाता है, जो गलत है।*



अपकेन्द्री बल (Centrifugal Force): अजड़त्वीय फ्रेम (Non-inertial Frame) में न्यूटन के नियमों को लागू करने के लिए कुछ ऐसे बलों की कल्पना करनी होती है, जिन्हें परिवेश में किसी पिंड से संबंधित नहीं किया जा सकता। ये बल छद्म बल या जड़त्वीय बल कहलाते हैं। अपकेन्द्रीय बल एक ऐसा ही जड़त्वीय बल या छद्म बल है। चूँकि घूमते निकाय में त्वरण होता है, इसीलिए इस प्रकार के बल का अनुभव होता है। इस बल की दिशा अभिकेन्द्री बल के विपरीत होती है। इस प्रकार, वृत्ताकार पथ में केन्द्र से बाहर की ओर लगनेवाले बल (Outward Force) को अपकेन्द्री बल कहते हैं।

उदाहरण : (i) मोड़ पर कार (Car at Turning)—यदि कोई व्यक्ति कार में बैठा है और कार अचानक दायीं ओर घूम जाए, तो व्यक्ति को बायीं ओर एक झटका लगता है। इससे व्यक्ति अपनी बायीं ओर एक बल लगा अनुभव करता है, जबकि वास्तव में ऐसा नहीं है। बल्कि होता यह है कि कार तथा व्यक्ति को दायीं ओर घूमने के लिए आवश्यक अभिकेन्द्री बल चाहिए, कार तो यह अभिकेन्द्री बल सड़क एवं पहियों के बीच के घर्षण से प्राप्त कर लेता है, जबकि व्यक्ति को यह नहीं प्राप्त होता है। इसीलिए व्यक्ति जड़त्व के कारण अपनी पूर्ववत सीधी दिशा में गति करने की प्रवृत्ति रखता है और इसीलिए कार के मुड़ते ही वह विपरीत दिशा में झटका खाकर ऐसा अनुभव करता है, जैसे कि उस पर कोई बल कार्य कर रहा हो, यही अपकेन्द्री बल है।

(ii) चक्रीय झूले (Merry go-round) में बैठे व्यक्ति का चक्र की त्रिज्या के अनुदिश बाहर की ओर धक्का महसूस करना।

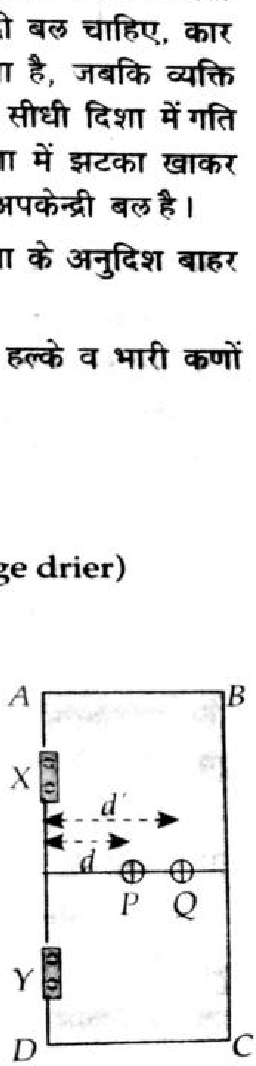
अपकेन्द्रीत्र (Centrifuge): यह एक ऐसा यंत्र है, जिसकी सहायता से हल्के व भारी कणों को पृथक किया जाता है।

उदाहरण :

(i) क्रीम निकालने की मशीन (Cream separator)

(ii) ड्राई क्लीनर (Dry cleaner) (iii) अपकेन्द्रीय शोषक (Centrifuge drier)

(iv) अपकेन्द्री पम्प (Centrifugal pump)



बल-आघूर्ण (Moment of force or Torque): बल द्वारा एक पिण्ड को एक अक्ष के परितः घुमाने की प्रवृत्ति को बल-आघूर्ण कहते हैं। किसी अक्ष के परितः एक बल का बल-आघूर्ण उस बल के परिमाण तथा अक्ष से बल की क्रिया-रेखा के बीच की लम्बवत् दूरी के गुणनफल के बराबर होता है अर्थात्, बल-आघूर्ण = बल × बलबाहु (Moment of Force = Force × Force-arm) यानी बल को अक्ष से अधिक दूरी पर लगाया जाए, तो उसका बल-आघूर्ण अधिक होगा। बल-आघूर्ण एक सदिश राशि है, इसका SI मात्रक न्यूटन मीटर होता है। बल-आघूर्ण को एक उदाहरण से समझा जा सकता है। माना कि *ABCD* एक दरवाजा है जिसके *X* और *Y* स्थान

पर कब्जा लगाया (hinged) गया है। दरवाजे पर एक बल P बिन्दु पर लगाते हैं जो XY (XY line) से d दूरी है पर है इसलिए बल-आघूर्ण = Pd होगा। यदि हम बल को अब P के Q स्थान पर लगाए जो XY रेखा से d' दूरी पर है तो बल-आघूर्ण = Qd' होगा। एक ही ब लिए लाम्बिक दूरी बढ़ जाने पर बल-आघूर्ण का मान बदल जाता है अर्थात् घूमने की प्रवृत्ति ब जाती है। समान बल के लिए कब्जे से जितना अधिक दूरी पर बल लगाएंगे, बल-आघूर्ण उतना ज्यादा होगा अर्थात् घूमने की प्रवृति उतनी ही अधिक होगी। यही कारण है कि घर के दरवा में हत्था (handle) कब्जा से दूर लगाया जाता है।

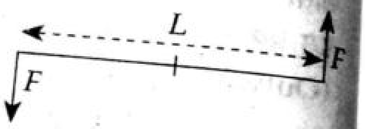
बल-आघूर्ण के अन्य उदाहरण :

(i) घरों में गेहूँ पीसने का जाँता (Quern) का हत्था कील से दूर लगाया जाता है ताकि जाँता को घुमाने के लिए कम जोर लगाना पड़े।

(ii) कुम्हार के चाक में घुमाने के लिए लकड़ी फंसाने का गड्ढा चाक की परिधि के पास बनाया जाता है। (iii) पानी निकालने वाला हैण्ड पम्प (Hand Pump) का हत्था लम्बा होता है।

बल-आघूर्ण का सिद्धान्त : संतुलन की स्थिति में वामवर्त्ती आघूर्णों का योग, दक्षिणावर्त्ती आघूर्णों के योग के बराबर होता है।

बल-युग्म (couple) : किसी वस्तु पर दो बराबर किन्तु विपरीत दिशाओं में कार्य करने वाले समानान्तर बलों को बल-युग्म कहते हैं। बल-युग्म = बल × बलयुग्म-भुजा (Couple = Force × Couple-arm)। इसका SI मात्रक न्यूटन मीटर (N.m) होता है।



बल-युग्म के उदाहरण :

(i) पानी का नल खोलना (ii) पेन तथा दवात का ढक्कन खोलना (iii) गाड़ी का स्टिअरिंग व्हील (steering wheel) घुमाना (iv) चाबी वाली घड़ी को चाबी देना (v) ताला को चाभी से खोलना।

सरल मशीन (Simple Machines) : यह बल-आघूर्ण के सिद्धान्त पर कार्य करती है। सरल मशीन एक ऐसी युक्ति होती है, जिसमें किसी सुविधाजनक बिन्दु पर एक बल लगाकर, किसी बिन्दु पर रखे हुए एक भार को उठाया जा सकता है। उत्तोलक (Lever), घिरनी (Pulley), आनत तल (Inclined Plane), स्क्रू जैक (Screw Jack) आदि सरल मशीनों के उदाहरण हैं।

मशीन द्वारा यद्यपि कम बल लगाकर अधिक भार उठाया जा सकता है, परन्तु निवेशित ऊर्जा (Input Energy), सदैव निर्गत ऊर्जा (Output Energy) से अधिक होती है, क्योंकि ऊर्जा का कुछ अंश घर्षण बलों के विरुद्ध कार्य करने में खर्च हो जाता है। अतः मशीन की दक्षता (Efficiency) 100% से कम होती है।

$$\text{मशीन की दक्षता} = \frac{\text{मशीन द्वारा किया गया कार्य}}{\text{मशीन को दी गई ऊर्जा}} \times 100$$

अतः केवल आदर्श मशीन की दक्षता 100% हो सकती है, जो असंभव है।

उत्तोलक (Lever) : यह एक सरल मशीन है। जैसे—चिमटा, सरौता, कैंची आदि।

"उत्तोलक एक सीधी या टेढ़ी छड़ होती है, जो किसी निश्चित बिन्दु के चारों ओर स्वतंत्रतापूर्वक घूम सकती है।" उत्तोलक में आलंब, आयास एवं भार नामक तीन मुख्य बिन्दु होते हैं—

(i) आलंब (Fulcrum) : जिस निश्चित बिन्दु के चारों ओर उत्तोलक की छड़ स्वतंत्रतापूर्वक घूम सकती है, उसे आलंब कहते है।

(ii) आयास (Effort) : उत्तोलक को उपयोग में लाने के लिए उस पर जो बल लगाया जाता है, उसे आयास कहते हैं।

(iii) भार (Load) : उत्तोलक के द्वारा जो बोझ उठाया जाता है, अर्थात् किये गये कार्य को भार कहते हैं।

उत्तोलक के सिद्धान्त (Theory of Lever) : आयास एवं आयास भुजा का गुणनफल, भार एवं भार भुजा के गुणनफल के बराबर होती है, अर्थात्

$$\text{आयास} \times \text{आयास भुजा} = \text{भार} \times \text{भार भुजा}$$

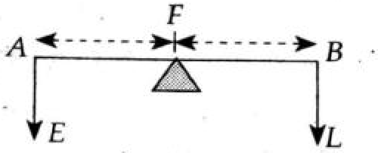
उत्तोलक का यांत्रिक लाभ (Mechanical Advantage of lever) : उत्तोलक के द्वारा उठाए गए भार तथा उस पर लगाए गए आयास के अनुपात को उत्तोलक का यांत्रिक लाभ कहते हैं।

$$\text{यांत्रिक लाभ} = \frac{\text{भार } (L)}{\text{आयास } (E)}$$

उत्तोलक के प्रकार : आलम्ब, आयास तथा भार की एक-दूसरे के सापेक्ष स्थितियों के कारण उत्तोलक तीन प्रकार के होते हैं—

(i) प्रथम श्रेणी के उत्तोलक : इस श्रेणी के उत्तोलकों में आलम्ब (F), आयास (E) एवं भार (L) के बीच में स्थित होता है।

$$\text{उत्तोलक का यांत्रिक लाभ } A = \frac{L}{E} = \frac{AF}{BF} = \frac{\text{आयास भुजा}}{\text{भार भुजा}}$$

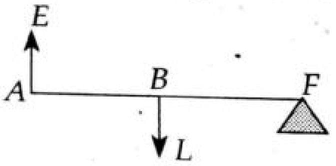


चूँकि इस प्रकार के उत्तोलक में आलंब (F), आयास (E) एवं भार (L) के बीच इस प्रकार रखा जाता है, जिससे कि कार्य करने में सुविधाजनक हो। अतः इस प्रकार के उत्तोलकों में यांत्रिक लाभ 1 से अधिक, 1 के बराबर एवं 1 से कम भी हो सकता है।

उदाहरण : कैंची (Scissors), प्लास, सिड़ासी उखाड़ने की मशीन, साइकिल के ब्रेक, डंडी तराजू आदि।

(ii) द्वितीय श्रेणी के उत्तोलक : इस श्रेणी के उत्तोलक में आलंब (F) तथा आयास (E) के बीच भार (L) होता है अर्थात् उत्तोलक द्वारा सम्पन्न किया जाने वाला कार्य आलंब (F) एवं आयास (E) के बीच होता है।

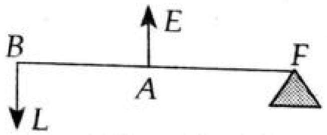
$$\text{उत्तोलक का यांत्रिक लाभ } A = \frac{L}{E} = \frac{AF}{BF} = \frac{\text{आयास भुजा}}{\text{भार भुजा}}$$



अतः इस प्रकार के उत्तोलक में यांत्रिक लाभ सदैव 1 से अधिक होता है, क्योंकि $AF > BF$

उदाहरण : सरौता (Nut Cracker), नींबू निचोड़ने की मशीन (Lemon Squeezer), तम्बाकू काटने वाली मशीन, पहिया (Wheel), कब्जे पर घूमनेवाला दरवाजा आदि।

(iii) तृतीय श्रेणी के उत्तोलक : इस श्रेणी के उत्तोलक में आलंब (F) एवं भार (L) के बीच आयास (E) होता है। यांत्रिक लाभ $A = \frac{L}{E} = \frac{AF}{BF} = \frac{\text{आयास भुजा}}{\text{भार भुजा}}$



अतः इसमें यांत्रिक लाभ सदैव 1 से कम होता है, क्योंकि $AF < BF$। ऐसे उत्तोलकों का उपयोग धीमी गति को तीव्र करने में किया जाता है।

उदाहरण : चिमटा (Tongs), मनुष्य का हाथ, किसान का हल आदि।

गुरुत्व-केन्द्र (Centre of Gravity) : किसी वस्तु का गुरुत्व-केन्द्र, वह बिन्दु है, जहाँ वस्तु का समस्त भार कार्य करता है, वस्तु चाहे जिस स्थिति में रखी जाए।

वस्तु का भार गुरुत्व-केन्द्र से ठीक नीचे की ओर कार्य करता है। अतः गुरुत्व-केन्द्र पर वस्तु के भार के बराबर उपरिमुखी बल लगाकर हम वस्तु को संतुलित रख सकते हैं। किसी वस्तु का गुरुत्व केन्द्र तब स्थिर रहता है, जब तक उसका आकार नहीं बदलता।

कुछ नियमित वस्तुओं के गुरुत्व-केन्द्र

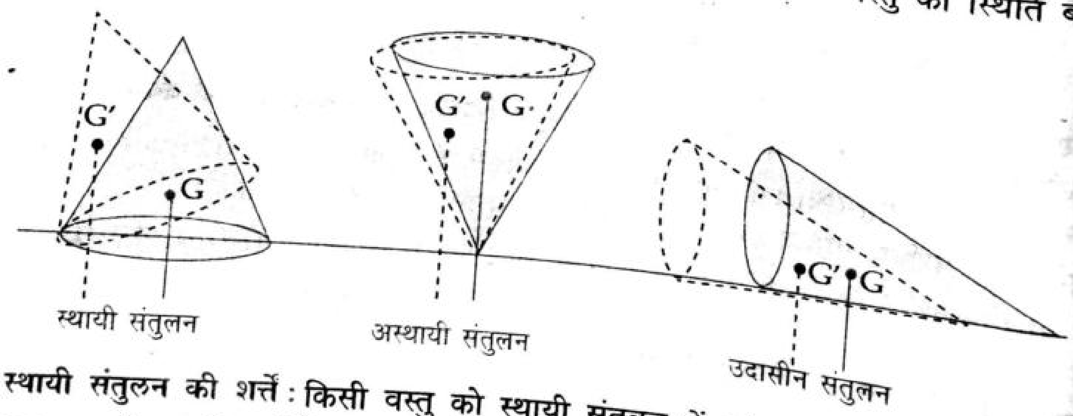
वस्तु	गुरुत्व-केन्द्र की स्थिति
समान छड़ (Uniform bar)	छड़ के अक्ष का माध्य बिन्दु
त्रिभुजाकार ठोस (Triangular Solid)	माध्यिकाओं का कटान बिन्दु
वर्गाकार या आयताकार ठोस (Square or Rectangular Solid)	विकर्णों का कटान बिन्दु
वृत्ताकार पटल (Circular Lamina)	वृत्त का केन्द्र
शंक्वाकार ठोस (Conic Solid)	शंकु के अक्ष पर आधार से 1/4 ऊँचाई की दूरी प
खोखला शंकु (Hollow Cone)	शंकु के अक्ष पर आधार से 1/3 ऊँचाई की दूरी प
समान्तर चतुर्भुज (Parellelogram)	विकर्णों का कटान बिन्दु
ठोस गोला (Solid Sphere)	गोले का केन्द्र

संतुलन के प्रकार : संतुलन तीन प्रकार के होते हैं—स्थायी, अस्थायी तथा उदासीन।

(i) स्थायी संतुलन (Stable Equilibrium) : यदि किसी वस्तु को उसकी संतुलनावस्था से थोड़ा-सा विस्थापित करके छोड़ने पर यदि वस्तु पुनः अपनी संतुलन की अवस्था को प्राप्त कर लेती है, तो कहा जाता है कि वस्तु स्थायी संतुलन में है।

(ii) अस्थायी संतुलन (Unstable Equilibrium) : यदि किसी वस्तु को उसकी संतुलनावस्था से थोड़ा-सा विस्थापित करके छोड़ने पर वह पुनः संतुलन की अवस्था में न आए, तो इसे **अस्थायी संतुलन** कहते हैं।

(iii) उदासीन संतुलन (Neutral Equilibrium) : यदि किसी वस्तु को उसकी संतुल स्थिति से थोड़ा विस्थापित करके छोड़ने पर वह वस्तु अपनी पूर्व अवस्था में आने का प्रयास न कर बल्कि अपनी नई अवस्था में ही संतुलित हो जाए, तो कह सकते हैं कि वस्तु उदासी संतुलन में है। इस प्रकार के संतुलन में वस्तु के गुरुत्व-केन्द्र की स्थिति वस्तु की स्थिति बदल पर नहीं बदलती है।



स्थायी संतुलन की शर्तें : किसी वस्तु को स्थायी संतुलन में बने रहने के लिए निम्नलिखित शर्तों का पूरा होना अनिवार्य है—

(i) वस्तु का गुरुत्व-केन्द्र अधिक-से-अधिक नीचा होना चाहिए।

(ii) गुरुत्व-केन्द्र से होकर जाने वाली ऊर्ध्वाधर रेखा वस्तु के आधार से होकर गुजरनी चाहिए। इसीलिए पहाड़ पर चढ़ते समय अथवा अपनी पीठ पर भारी बोझ लेकर चलने वाला मनुष्य आगे की ओर झुक जाता है, क्योंकि इस अवस्था में उसके गुरुत्व-केन्द्र से होकर जाने वाली ऊर्ध्वाधर रेखा उसके पैरों के पास आधार से होकर जाती है। पीसा की ऐतिहासिक मीनार तिरछी होते हुए भी नहीं गिरती है, क्योंकि उसके गुरुत्व-केन्द्र से गुजरने वाली ऊर्ध्वाधर रेखा उसके आधार से होकर गुजरती है।

Compiled By Hemraj Scanned by CamScanner

3. कार्य, शक्ति और ऊर्जा

कार्य (Work): दैनिक जीवन में कार्य का अर्थ 'किसी क्रिया का किया जाना' होता है, जैसे—पढ़ना, लिखना, गाड़ी चलाना आदि। परन्तु भौतिकी में 'कार्य' शब्द का विशेष अर्थ है; अतः भौतिकी में हम कार्य को निम्नलिखित प्रकार से परिभाषित करते हैं—*''कार्य की माप लगाए गए बल तथा बल की दिशा में वस्तु के विस्थापन के गुणनफल के बराबर होती है।''*

अतः कार्य = बल × बल की दिशा में विस्थापन (Work = Force × Displacement Along the Direction)। कार्य दो सदिश राशि का गुणनफल है, परन्तु कार्य एक अदिश राशि है। इसका *SI* मात्रक न्यूटन मीटर (N.m) होता है, जिसे वैज्ञानिक *जेम्स प्रेस्कॉट जूल* के सम्मान में जूल (Joule) कहा जाता है और संकेत J द्वारा व्यक्त किया जाता है।

1 जूल कार्य = 1 न्यूटन बल × 1 मीटर *(विस्थापन बल की दिशा में)*

अब यदि बल $\vec{F}$ तथा विस्थापन $\vec{s}$ एक ही दिशा में नहीं हैं, बल्कि दोनों की दिशाओं के मध्य θ कोण बनता है, तो कार्य $W = F \times s . \cos\theta$

इस प्रकार कार्य का मान महत्तम तभी होगा जब बल एवं बल की दिशा में विस्थापन के मध्य 0° का कोण हो, क्योंकि $\cos 0° = 1$ होता है। इसी प्रकार जब बल एवं बल की दिशा में विस्थापन के बीच 90° का कोण हो, तो कार्य का मान शून्य होगा, क्योंकि $\cos 90° = 0$ होता है।

शक्ति (Power): कार्य करने की दर को शक्ति कहते हैं। यदि किसी कर्त्ता द्वारा W कार्य t समय में किया जाता है, तो कर्त्ता की शक्ति W/t होगी। शक्ति का SI मात्रक वाट (Watt) है, जिसे वैज्ञानिक *जेम्स वाट* के सम्मान में रखा गया है और संकेत W द्वारा व्यक्त किया जाता है।

1 वाट = 1 जूल / सेकण्ड = 1 न्यूटन मीटर/सेकण्ड

मशीनों की शक्ति को अश्व शक्ति (Horse Power—H.P.) में भी व्यक्त किया जाता है।

1 H. P. = 746 वाट

वाट सेकण्ड (Ws): यह ऊर्जा या कार्य का मात्रक है।

1 Ws = 1 वाट × सेकण्ड = 1 जूल

वाट-घंटा (Wh): यह भी ऊर्जा या कार्य का मात्रक है। (Wh = 3600 जूल)

किलोवाट घंटा (kWh): यह भी ऊर्जा (कार्य) का मात्रक है।

1 kWh = 1000 वाट घंटा = 1000 वाट × 1 घंटा = 1000 × 3600 सेकण्ड

= 3.6×10^6 वाट सेकण्ड = 3.6×10^6 जूल

W, kW, MW तथा H.P. शक्ति के मात्रक हैं।

Ws, Wh, kWh कार्य अथवा ऊर्जा के मात्रक हैं।

ऊर्जा (Energy): किसी वस्तु में कार्य करने की क्षमता को उस वस्तु की ऊर्जा कहते हैं। ऊर्जा एक अदिश राशि है। इसका SI मात्रक जूल (Joule) है। वस्तु में जिस कारण से कार्य करने की क्षमता आ जाती है, उसे ऊर्जा कहते हैं। ऊर्जा दो प्रकार की होती है—गतिज ऊर्जा एवं स्थितिज ऊर्जा।

गतिज ऊर्जा (Kinetic Energy): किसी वस्तु में गति के कारण जो कार्य करने की क्षमता आ जाती है, उसे उस वस्तु की गतिज ऊर्जा कहते हैं। यदि m द्रव्यमान की वस्तु v वेग से चल रही हो, तो गतिज ऊर्जा (KE) होगी—$\text{K.E.} = \frac{1}{2}mv^2$

अर्थात् किसी वस्तु का द्रव्यमान दोगुना करने पर उसकी गतिज ऊर्जा दोगुनी हो जाएगी और द्रव्यमान आधी करने पर उसकी गतिज ऊर्जा आधी हो जाएगी। इसी प्रकार वस्तु का वेग दोगुना करने पर वस्तु की गतिज ऊर्जा चार गुनी हो जाएगी और वेग आधा करने पर वस्तु की गतिज ऊर्जा $\frac{1}{4}$ गुनी हो जाएगी।

गतिज ऊर्जा एवं संवेग में संबंध (Relation Between Kinetic Energy and Momentu

$$K.E. = \frac{p^2}{2m} \quad \text{जहाँ } p = \text{संवेग} = mv$$

अर्थात् संवेग दो गुणा करने पर गतिज ऊंर्जा चार गुनी हो जाएगी।

स्थितिज ऊर्जा (Potential Energy) : किसी वस्तु में उसकी अवस्था (State) या स्थिति (Position) के कारण कार्य करने की क्षमता को स्थितिज ऊर्जा कहते हैं। जैसे—बाँध बना क इकट्ठा किए गए पानी की ऊर्जा, घड़ी की चाभी में संचित ऊर्जा, तनी हुई स्प्रिंग या कमानी क ऊर्जा। गुरुत्व बल के विरुद्ध संचित स्थितिज ऊर्जा का व्यंजक है—

$P.E. = mgh$ जहाँ m = द्रव्यमान, g = गुरुत्वजनित त्वरण, h = ऊँचाई

ऊर्जा संरक्षण का नियम (Law of Conservation of Energy) : ऊर्जा का न तो निर्माण होता है न विनाश अर्थात् विश्व की कुल ऊर्जा नियत रहती है। ऊर्जा का केवल एक रूप से दूसरे रूप में रूपान्तरण होता है। जब भी ऊर्जा किसी रूप में लुप्त होती है, ठीक उतनी ही ऊर्जा अन्य रूपों में प्रकट हो जाती है। यह ऊर्जा संरक्षण का नियम कहलाता है।

ऊर्जा का रूपान्तरण : ऊर्जा रूपान्तरण के कुछ उदाहरण नीचे दिये गये हैं—

उपकरण	**ऊर्जा का रूपान्तरण**
सौर सेल	प्रकाश ऊर्जा को विद्युत् ऊर्जा में
डायनेमो	यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत् ऊर्जा में
विद्युत् मोटर	विद्युत् ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में
माइक्रोफोन	ध्वनि ऊर्जा को विद्युत् ऊर्जा में
लाउडस्पीकर	विद्युत् ऊर्जा को ध्वनि ऊर्जा में
सितार	यांत्रिक ऊर्जा को ध्वनि ऊर्जा में
बल्ब/ट्यूब-लाइट/हीटर का जलना	विद्युत् ऊर्जा को प्रकाश एवं ऊष्मा ऊर्जा में
मोमबत्ती का जलना	रासायनिक ऊर्जा को प्रकाश एवं ऊष्मा ऊर्जा में
कोयले का जलना	रासायनिक ऊर्जा को ऊष्मा ऊर्जा में
विद्युत् सेल	रासायनिक ऊर्जा को विद्युत् ऊर्जा में
इंजन	ऊष्मा ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में
प्रकाश विद्युत् सेल	प्रकाश ऊर्जा को विद्युत् ऊर्जा में

सौर ऊर्जा (Solar Energy) : सूर्य, ऊर्जा का विशाल स्रोत है। सूर्य का लगभग 70% द्रव्यमान हाइड्रोजन से, 28% हीलियम से तथा 2% अन्य भारी तत्वों से बना है। सूर्य के केन्द्र (core) का तापमान और दाब क्रमशः 1.5×10^7K तथा 2×10^{16} न्यूटन प्रति वर्ग मीटर है। केन्द्र में उच्च ताप एवं दाब होने के कारण वहाँ नाभिकीय संलयन (fusion) की क्रिया होती है। सूर्य के केन्द्र में चार हाइड्रोजन नाभिक संलयित होकर हीलियम नाभिक बनाते हैं, जिससे अत्यधिक मात्रा में ऊर्जा उत्पन्न होती है। सूर्य से प्रति सेकण्ड 3.86×10^{26} जूल ऊर्जा निकलती है। यह ऊर्जा विद्युत्-चुम्बकीय तरंगों तथा आवेशित कणों के रूप में निकलती है। पृथ्वी पर सूर्य की ऊर्जा मुख्यतः विद्युत्-चुम्बकीय तरंगों के रूप में पहुँचती है, इसे सौर विकिरण कहते हैं। विकिरण के गुण उसके अन्दर उपस्थित तरंगों के तरंगदैर्घ्य पर निर्भर करते हैं। ऊष्मा का अनुभव कराने वाली विकिरण को अवरक्त विकिरण एवं वस्तुओं का दर्शन कराने वाली विकिरण को दृश्य विकिरण या प्रकाश कहते हैं।

4. गुरुत्वाकर्षण

चार मौलिक बलों में गुरुत्वाकर्षण एक कमजोर अथवा क्षीण मौलिक बल है, जो ब्रह्मांड में प्रत्येक कण या पिण्ड के बीच उनके द्रव्यमान के कारण लगता है। इसे न्यूटन ने अपनी पुस्तक प्रिंसीपिया (Principia) में प्रकाशित किया था।

न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण का नियम (Newton's Law of Gravitation): ब्रह्माण्ड में किन्हीं दो पिंडों के मध्य कार्य करने वाला आकर्षण बल उनके द्रव्यमानों के गुणनफल के समानुपाती (directly proportional) तथा उनके मध्य की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती (inversely proportional) होता है।

माना कि m_1 एवं m_2 द्रव्यमान के दो पिण्ड एक-दूसरे से r दूरी पर स्थित हैं, तो न्यूटन के नियमानुसार उनके बीच लगने वाला आकर्षण बल F होगा—

$F \propto m_1 m_2$ और $F \propto \frac{1}{r^2}$ या, $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$ जहाँ G एक नियतांक है।

G को **सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक** (Universal Gravitational Constant) कहते हैं, जिसका मान 6.67×10^{-11} Nm^2/kg^2 होता है।

गुरुत्व (Gravity): न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण के नियम में गुरुत्वाकर्षण वह आकर्षण बल है, जो किन्हीं दो वस्तुओं के बीच कार्य करता है। यदि इन वस्तुओं में एक वस्तु पृथ्वी हो, तो गुरुत्वाकर्षण को गुरुत्व कहते हैं। अतः गुरुत्व वह आकर्षण बल है जिससे पृथ्वी किसी वस्तु को अपने केन्द्र की ओर खींचती है। अतः गुरुत्व गुरुत्वाकर्षण का एक उदाहरण है। गुरुत्व बल के कारण ही पृथ्वी की सतह से मुक्त रूप से फेंकी गयी वस्तु वापस पृथ्वी की सतह पर आकर गिरती है।

गुरुत्वीय त्वरण (Acceleration Due to Gravity): जब कोई वस्तु ऊपर से मुक्त रूप से छोड़ी जाती है, तो वह गुरुत्व बल के कारण पृथ्वी की ओर गिरने लगती है और जैसे-जैसे वस्तु पृथ्वी के सतह के निकट आती जाती है, उसका वेग बढ़ता जाता है। अतः उसके वेग में त्वरण उत्पन्न हो जाता है। इसी त्वरण को गुरुत्वीय त्वरण कहते है। यदि किसी वस्तु का द्रव्यमान m हो, तो इस पर कार्य करने वाला गुरुत्वीय बल mg (वस्तु का भार) के बराबर होगा। अतः गुरुत्वीय त्वरण उस बल के बराबर होता है, जिस बल से पृथ्वी एकांक द्रव्यमान वाली वस्तु को अपने केन्द्र की ओर आकर्षित करती हैं। यह वस्तु के रूप, आकार, द्रव्यमान इत्यादि पर निर्भर नहीं करता। इसे g से प्रदर्शित करते हैं। इसका मात्रक 'मीटर/सेकेंड^2' अथवा 'न्यूटन/किग्रा' है।

गुरुत्वीय त्वरण 'g' एवं गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक 'G' में संबंध: माना कि पृथ्वी का द्रव्यमान M_e तथा त्रिज्या R_e है, तथा पृथ्वी का कुल द्रव्यमान उसके केन्द्र पर संकेन्द्रित है। माना कोई वस्तु, जिसका द्रव्यमान m है, पृथ्वी तल अथवा उससे कुछ ऊँचाई पर स्थित है। पृथ्वी की त्रिज्या के सापेक्ष पृथ्वी तल से वस्तु की दूरी उपेक्षणीय है। अतः वस्तु की पृथ्वी के केन्द्र से दूरी R_e के ही बराबर मानी जा सकती है। अतः गुरुत्वाकर्षण के नियमानुसार, पृथ्वी द्वारा वस्तु पर लगाया गया आकर्षण बल

$$F = G\frac{M_e m}{R_e^2} \qquad \ldots\text{(i)}$$

अब न्यूटन की गति के दूसरे नियम के अनुसार, बल F के कारण वस्तु में गुरुत्वीय त्वरण g उत्पन्न होता है। इसीलिए बल—

$$F = mg\ [\text{बल} = \text{द्रव्यमान} \times \text{त्वरण}] \qquad \ldots\text{(ii)}$$

समीकरण (i) एवं (ii) से—

$$mg = G\frac{M_e m}{R_e^2} \qquad g = G\frac{M_e}{R_e^2}$$

इससे स्पष्ट है कि गुरुत्वजनित त्वरण g का मान द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता। भिन्न-भिन्न द्रव्यमानों की दो वस्तुएँ मुक्त रूप से (वायु की अनुपस्थिति में) ऊपर से गिराई तो उसमें समान त्वरण उत्पन्न होगा। अर्थात् समान ऊँचाई से एक साथ गिरने वाली वस्तु पर एक ही साथ पहुँचेगी। वायु की उपस्थिति में वस्तु पर वायु का श्यानकर्षण (Viscous तथा उत्प्लावन प्रभाव (Buoyancy Effect) का प्रभाव पड़ता है। इस दशा में भारी वस्तुओं त्वरण हल्के वस्तुओं की अपेक्षा अधिक होता है। इसी के कारण भारी वस्तु हल्के वस्तु की में पहले पृथ्वी पर पहुँचेगी।

गुरुत्वजनित त्वरण 'g' के मान में परिवर्तन (Variation of Acceleration Due to Gravity 'g') : 45° अक्षांश तथा समुद्र तल पर g का प्रामाणिक मान 9.8 मीटर सेकण्ड$^{-2}$ होता है, अन्य स्थानों पर g का मान थोड़ा-सा भिन्न होता है। g के मान में भिन्नता इस प्रकार है—

(i) पृथ्वी-तल पर g का मान न्यूनतम (Minimum) भूमध्य रेखा (Equator) पर, तथा महत्तम (Maximum) ध्रुवों (Poles) पर होता है। इसके दो कारण हैं—

(a) पृथ्वी का आकार : $g = \frac{GM_e}{R_e^2}$ [जहाँ M_e = पृथ्वी का द्रव्यमान, R_e = पृथ्वी की त्रिज्या]

पृथ्वी का भूमध्यरेखीय व्यास, ध्रुवीय व्यास से अधिक होता है, इसीलिए g का मान न्यूनतम भूमध्य रेखा पर तथा महत्तम ध्रुवों पर होता है।

(b) पृथ्वी का अपनी अक्ष के चारों ओर घूमना : इसके कारण g का मान

$$g' = g - R_e\omega^2 \text{ (भूमध्य रेखा पर)}$$

जहाँ g' घटते हुए गुरुत्वीय त्वरण का प्रभावी मान है। यदि पृथ्वी अपनी अक्ष के परितः घूमना बन्द कर दे ($\omega = 0$) तो ध्रुवों के अतिरिक्त प्रत्येक स्थान पर g के मान में वृद्धि हो जाएगी। इसी प्रकार यदि पृथ्वी अपनी अक्ष के परितः वर्तमान गति से 17 गुना अधिक गति से घूमने लगे, तो भूमध्य रेखा पर रखी वस्तु का भार भी शून्य हो जाएगा। अर्थात् पृथ्वी के घूर्णन गति घटने पर g का मान बढ़ता है और घूर्णन गति बढ़ने पर g का मान घटता है।

(ii) पृथ्वी-तल से ऊपर जाने पर g का मान घटता है, जिसका मान $g' = g\left(1 - \frac{2h}{R_e}\right)$ के बराबर होता है।

(iii) पृथ्वी-तल के नीचे जाने पर भी g का मान घटता है, जिसना मान $g' = g\left(1 - \frac{h}{R_e}\right)$ के बराबर होता है।

लिफ्ट में व्यक्ति का भार (Weight of a Body in a Lift) : किसी लिफ्ट में व्यक्ति के भार में परिवर्तन निम्नलिखित प्रकार से होता है—

(i) जब लिफ्ट त्वरण a से ऊपर जाती है, तो लिफ्ट में स्थित व्यक्ति का भार बढ़ा हुआ प्रतीत होता है। इस दशा में व्यक्ति का आभासी भार, w = वास्तविक भार $(mg) + ma$ जहाँ m व्यक्ति का द्रव्यमान है।

(ii) जब लिफ्ट त्वरण a से नीचे आती है, तो इस दिशा में व्यक्ति का आभासी भार घटा हुआ प्रतीत होता है। इस दशा में व्यक्ति का आभासी भार $w = mg - ma$

(iii) जब लिफ्ट एकसमान वेग (त्वरण $a = 0$) से ऊपर या नीचे जाती है, तो इस दशा में व्यक्ति को अपने भार में कोई परिवर्तन नहीं प्रतीत होता है।

(iv) यदि नीचे आते वक्त लिफ्ट की डोरी टूट जाए, तो वह मुक्त वस्तु की भाँति नीचे गिरेगी। अतः $a = g$ तथा $w = mg - mg = 0$ अर्थात् व्यक्ति को अपना भार शून्य प्रतीत होगा।

(v) यदि लिफ्ट के नीचे उतरते समय लिफ्ट का त्वरण गुरुत्वीय त्वरण से अधिक हो (अर्थात् $a > g$) तो लिफ्ट में खड़ा व्यक्ति लिफ्ट की फर्श से उठकर उसकी छत पर जा लगेगा,

क्योंकि $w = mg - ma < 0$ अर्थात् w अब ऋणात्मक है। इसीलिए आभासी बल व्यक्ति पर ऊपर की ओर लगेगा जिससे वह उठकर छत से जा लगेगा।

उपग्रह (Satellite) : किसी ग्रह के चारों ओर परिक्रमा करने वाले पिण्ड को उस ग्रह का उपग्रह कहते हैं। जैसे—चन्द्रमा, पृथ्वी का एक प्राकृतिक उपग्रह (Natural Satellite) है। इसके अलावे मनुष्य ने अनेक कृत्रिम उपग्रह (Artificial Satellite) छोड़े हैं, जो लगातार पृथ्वी की परिक्रमा कर रहे है।

उपग्रह का कक्षीय वेग (Orbital velocity of a satellite) : मान लिया कि m द्रव्यमान का एक उपग्रह v_0 वेग से r त्रिज्या के वृत्तीय मार्ग पर पृथ्वी की परिक्रमा कर रहा है, तो

उपग्रह का अभिकेन्द्रीय बल = गुरुत्वाकर्षण बल

$$\text{या,}\quad \frac{mv_0^2}{r} = \frac{GM_e m}{r^2} \qquad \therefore\ v_0 = \sqrt{\frac{GM_e}{r}}$$

परन्तु $r = R_e + h$

जहाँ R_e = पृथ्वी की त्रिज्या तथा h = पृथ्वी तल से उपग्रह की ऊँचाई

$$\text{अतः}\ v_0 = \sqrt{\frac{GM_e}{R_e + h}}$$

$$\text{अब पृथ्वी तल पर गुरुत्वीय त्वरण}\ g = \frac{GM_e}{R_e^2} \qquad \text{अतः}\ gR_e^2 = GM_e$$

$$\therefore\ v_0 = \sqrt{\frac{gR_e^2}{R_e + h}} = R_e\sqrt{\frac{g}{R_e + h}}$$

अतः इससे स्पष्ट है कि (i) उपग्रह का कक्षीय वेग (v_0) उसकी पृथ्वी तल से ऊँचाई (h) पर निर्भर करता है। उपग्रह पृथ्वी तल से जितना अधिक दूर होगा, उतना ही उसका वेग कम होगा।

(ii) उपग्रह का कक्षीय वेग (v_0) उसके द्रव्यमान (m) पर निर्भर नहीं करता है। एक ही त्रिज्या की कक्षा में भिन्न-भिन्न द्रव्यमानों के उपग्रहों का वेग समान होगा।

(iii) उपर्युक्त समीकरण में g का मान 9.8ms^{-2}, R_e का मान 6.4×10^6 मी० तथा $h = 0$ रखा जाए, तो $v_0 = 7.9\ \text{m/s}$ होता है। यानी पृथ्वी तल के अति निकट चक्कर लगाने वाला उपग्रह का कक्षीय वेग लगभग $8\ \text{m/s}$ होता है।

उपग्रह का परिक्रमण काल (Revolution period of a satellite) : उपग्रह अपनी कक्षा में पृथ्वी का 1 चक्कर जितने समय में लगाता है, उसे उसका परिक्रमण काल कहते हैं। अतः परिक्रमण काल—

$$T = \frac{\text{परिधि}}{\text{कक्षीय वेग}} = \frac{2\pi r}{v_0} = \frac{2\pi(R_e + h)}{v_0}$$

v_0 का मान रखने पर,

$$T = \frac{2\pi(R_e + h)\sqrt{R_e + h}}{R_e\sqrt{g}} = \frac{2\pi(R_e + h)^{\frac{3}{2}}}{R_e\sqrt{g}}$$

इससे स्पष्ट है कि (i) उपग्रह का परिक्रमण काल भी केवल उसकी पृथ्वी तल से ऊँचाई पर निर्भर करता है और उपग्रह जितना अधिक दूर होगा, उतना ही अधिक उसका परिक्रमण काल होगा।

(ii) उपग्रह का परिक्रमण काल उसके द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है।

(iii) परिक्रमण काल के समीकरण में $g = 9.8\ \text{ms}^{-2}$, $R_e = 6.4 \times 10^6$ मी० तथा $h = 0$ रखने पर पृथ्वी के अति निकट चक्कर लगाने वाले उपग्रह का परिक्रमण काल 84 मिनट होता है।

तुल्यकाली उपग्रह या भू-स्थायी उपग्रह (Synchronous or Geo-stationary sate
यदि किसी कृत्रिम उपग्रह की पृथ्वी-तल से ऊँचाई इतनी हो कि इसका परिक्रमण काल पृथ्वी की अक्षीय गति के परिक्रमण काल (24 घंटे) के बराबर हो, तो वह उपग्रह पृथ्वी के स्थिर रहेगा। इस प्रकार के उपग्रह को तुल्यकाली या भू-स्थायी उपग्रह कहते हैं। इस उपग्रह निम्नलिखित विशेषताएँ होती हैं—

(i) यह उपग्रह पृथ्वी की अक्ष के लम्बवत् विषुवतरेखीय तल में परिक्रमण करता है।

(ii) यह पश्चिम से पूर्व की ओर अपनी कक्षा में परिक्रमा करता है।

(iii) इसका परिक्रमण काल पृथ्वी के अपने अक्ष पर घूर्णन काल 24 घंटे के तुल्य होता है। यह उपग्रह पृथ्वी तल से लगभग 36,000 किमी० की ऊँचाई पर रहकर पृथ्वी का परिक्रमा करता है।

तुल्यकाली उपग्रह के उपयोग

(i) इसका उपयोग दूरदर्शन संकेतों को परावर्तित करके दूरदर्शन के कार्यक्रमों को दूरदर्शन सेटों (T.V.Sets) पर दिखाया जाता है।

(ii) इसका उपयोग रेडियो प्रसारण (Radio Broadcasting) एवं दूर संचार (Telecommunication) के लिए होता है।

(iii) इसका उपयोग मौसम संबंधी भविष्यवाणी के लिए किया जाता है।

पलायन वेग (Escape velocity) : किसी वस्तु को ऊपर की ओर जितने अधिक वेग से फेंकते हैं, वह उतनी ही अधिक ऊँचाई तक ऊपर जाती है। यदि वेग को क्रमशः बढ़ाते जाएँ, तो एक ऐसी स्थिति आएगी जब वस्तु गुरुत्वीय क्षेत्र को पार कर अन्तरिक्ष में चली जाएगी, पृथ्वी पर वापस नहीं आएगी। इस न्यूनतम वेग को ही पलायन वेग कहते है।

अतः पलायन वेग वह न्यूनतम वेग है, जिससे किसी वस्तु को पृथ्वी की सतह से ऊपर की ओर फेंके जाने पर वह गुरुत्वीय क्षेत्र को पार कर जाती है, पृथ्वी पर वापस नहीं आती।

पृथ्वी तल से पलायन वेग का मान निम्नांकित सूत्र द्वारा ज्ञात किया जाता है—

$$\text{पलायन वेग, } v_{\mathrm{E}} = \sqrt{2gR_e}$$

जहाँ g गुरुत्वीय त्वरण एवं R_e पृथ्वी की त्रिज्या है। इस समीकरण में g एवं R_{e} का मान रखने पर पलायन वेग का मान 11.2 km/s प्राप्त होता है। अतः यदि पृथ्वी तल से किसी वस्तु को 11.2 $\mathrm{kms^{-1}}$ या इससे अधिक वेग से ऊपर किसी भी दिशा में फेंक दिया जाए, तो वह वस्तु फिर पृथ्वी तल पर वापस नहीं आएगी।

उपग्रह के लिए कक्षीय वेग, $v_0 = \sqrt{gR_e}$ तथा पृथ्वी तल से पलायन वेग, $v_E = \sqrt{2gR_e}$ अतः $v_{\mathrm{E}} = \sqrt{2}\, v_0$ अर्थात् पलायन वेग, कक्षीय वेग का $\sqrt{2}$ गुना होता है। इसीलिए यदि किसी उपग्रह की चाल को $\sqrt{2}$ गुना (41%) बढ़ा दिया जाए, तो वह उपग्रह अपनी कक्षा को छोड़कर पलायन कर जाएगा।

उपग्रहों में भारहीनता (Weightlessness in satellites) : कृत्रिम उपग्रह के अन्दर प्रत्येक वस्तु भारहीनता की अवस्था में होती है, अर्थात् इसमें बैठे अंतरिक्ष यात्री को भी भारहीनता का अनुभव होता है। उपग्रह के तल द्वारा यात्री पर लगाया गया प्रतिक्रिया बल शून्य होता है। इसीलिए उपग्रह के अन्दर यदि कोई व्यक्ति गिलास से जल पीना चाहे, तो वह उसे नहीं पी सकेगा, क्योंकि गिलास टेढ़ा करते ही उसमें से जल निकलकर बाहर बूँदों के रूप में तैरने लगेगा। इसीलिए अंतरिक्ष यात्री को भोजन आदि पेस्ट (paste) के रूप में ट्यूब में भरकर दी जाती है।

चन्द्रमा भी पृथ्वी का एक उपग्रह है, परन्तु चन्द्रमा पर भारहीनता नहीं है। इसका कारण यह है कि चन्द्रमा का द्रव्यमान अधिक होने के कारण चन्द्रमा स्वयं अपने तल पर स्थित व्यक्ति पर एक आकर्षण बल लगाता है, जिसके कारण उसे कुछ भार का अनुभव होता है, जिसे चन्द्रमा

पर व्यक्ति का भार कहते हैं। चन्द्रमा के g का मान पृथ्वी के g का 1/6 गुणा है। अतः चन्द्रमा पर व्यक्ति का भार पृथ्वी पर के भार का 1/6 गुणा होता है।

ग्रहों की गति से संबंधित केप्लर का नियम (Kepler's Laws of Planetary Motion)

(i) प्रत्येक ग्रह सूर्य के चारों ओर दीर्घवृत्ताकार (elliptical) कक्षा में परिक्रमा करता है तथा सूर्य ग्रह की कक्षा के एक फोकस बिन्दु पर स्थित होता है।

(ii) प्रत्येक ग्रह का क्षेत्रीय वेग (areal velocity) नियत रहता है। इसका प्रभाव यह होता है कि जब ग्रह सूर्य के निकट होता है, तो उसका वेग बढ़ जाता है और जब वह दूर होता है, तो उसका वेग कम हो जाता है।

(iii) सूर्य के चारों ओर ग्रह एक चक्कर जितने समय में लगाता है, उसे उसका परिक्रमण काल (T) कहते हैं, परिक्रमण काल का वर्ग (T^2) ग्रह की सूर्य से औसत दूरी (r) के घन (r^3) के अनुक्रमानुपाती होता है, अर्थात् $T^2 \propto r^3$ इसका प्रभाव यह होता है कि सूर्य से अधिक दूर के ग्रहों का परिक्रमण काल भी अधिक होता है। उदाहरण—सूर्य के निकटतम ग्रह बुध का परिक्रमण काल 88 दिन है, जबकि दूरस्थ ग्रह वरूण (Neptune) का परिक्रमण-काल 165 वर्ष है।

5. द्रव्य के सामान्य गुण

द्रव्य (Matter) : प्रत्येक वह वस्तु जो स्थान घेरती है, जिसमें द्रव्यमान होता है एवं जिसका अनुभव हम अपनी ज्ञानेन्द्रियों द्वारा कर सकते हैं, द्रव्य कहलाती है। उदाहरण : लकड़ी, जल, वायु आदि।

द्रव्य की अवस्थाएं (States of Matter) : सामान्यतः द्रव्य की तीन अवस्थाएं —ठोस (solid), द्रव (liquid) और गैस (gas)— मानी जाती हैं। परन्तु द्रव्य की चौथी अवस्था भी होती है, जिसे प्लाज्मा (Plasma) कहा जाता है।

द्रव्य के सामान्य गुण (General Properties of Matter) : ठोस, द्रव और गैस में कुछ गुण अधिक स्पष्ट रूप से पाए जाते हैं, जो इस प्रकार हैं—

ठोस : प्रत्यास्थता

द्रव : दाब, प्लवन, पृष्ठ तनाव, केशिकत्व, श्यानता

गैस : वायुमंडलीय दाब

(i) प्रत्यास्थता

जब किसी वस्तु पर बाह्य बल लगाया जाता है, तो उसकी लम्बाई, आयतन अथवा आकृति में कुछ परिवर्तन हो जाता है और जब यह बल हटा लिया जाता है, तो वस्तु अपनी पूर्व स्थिति में आ जाती है। इस बाह्य बल को विरूपक बल (deforming force) एवं वस्तुओं के इस गुण को प्रत्यास्थता (Elasticity) कहते हैं।

इस प्रकार प्रत्यास्थता पदार्थ का वह गुण है, जिसके कारण वस्तु, उस पर लगाए गए बाह्य बल से उत्पन्न किसी भी प्रकार के परिवर्तन का विरोध करती है तथा जैसे ही बल हटा लिया जाता है, वह अपनी पूर्व अवस्था में वापस आ जाती है।

जब किसी वस्तु की आकृति अथवा आकार बदल जाता है, तो हम कहते हैं, वस्तु विकृत अथवा विरूपित हो गयी है तथा इस क्रिया को विरूपण (Deformation) कहते हैं।

प्रत्यास्थता सीमा (Elastic Limit) : विरूपक बल के परिमाण की वह सीमा जिससे कम बल लगाने पर पदार्थ में प्रत्यास्थता का गुण बना रहता है तथा जिससे अधिक बल लगाने पर पदार्थ का प्रत्यास्थता का गुण समाप्त हो जाता है, प्रत्यास्थता की सीमा कहलाती है। भिन्न-भिन्न पदार्थों के लिए प्रत्यास्थता की सीमा भिन्न-भिन्न होती है।

विकृति तथा प्रतिबल (Strain and Stress) : किसी वस्तु पर विरूपक बल लगाने पर उसकी मूल लम्बाई में वृद्धि एवं मूल लम्बाई के अनुपात को विकृति कहते हैं, अर्थात् वस्तु की प्रारंभिक

लम्बाई L में वृद्धि l होती है, तो $\frac{l}{L}$ को विकृति कहते हैं तथा प्रति एकांक क्षेत्रफल पर गए बल को प्रतिबल कहते हैं। प्रतिबल एवं विकृति के अनुपात को वस्तु की प्रत्यास्थता का मापांक (Young's Modulus of Elasticity) कहते हैं।

हुक का नियम (Hooke's Law) : प्रत्यास्थता सीमा के अन्दर किसी वस्तु में उत्पन्न विकृति उस पर लगाए गए प्रतिबल के अनुक्रमानुपाती (directly proportional) होती है, अर्थात् प्रतिबल ∝ विकृति

अथवा, $\frac{\text{प्रतिबल}}{\text{विकृति}}$ = एक नियतांक E, जिसे प्रत्यास्थता गुणांक (Modulus of Elasticity) कहते हैं।

प्रत्यास्थता गुणांक E का मान भिन्न-भिन्न पदार्थों के लिए भिन्न-भिन्न होता है। यदि विकृति लम्बाई में हुई है, तो प्रत्यास्थता गुणांक को यंग गुणांक (Young Modulus) कहते हैं। प्रत्यास्थता गुणांक का SI मात्रक न्यूटन / मीटर^2 होता है, जिसे पास्कल (Pa) कहते हैं।

$$\text{यंग गुणांक} = Y = \frac{\text{अनुदैर्घ्य प्रतिबल}}{\text{अनुदैर्घ्य विकृति}} = \frac{Mg/\pi r^2}{l/L} = \frac{MgL}{\pi r^2 l}$$

यदि विकृति आयतन में हो, तो उसे आयतन गुणांक (Bulk Modulus) कहते हैं। अपरूपण विकृति (Shear = Angular Change) के लिए इसे अपरूपण गुणांक (Shear Modulus/ Rigidity Modulus) कहते हैं।

$$\text{आयतन गुणांक} = \frac{\text{जलीय प्रतिबल}}{\text{आयतन विकृति}} \quad B = \frac{-\Delta p}{\frac{\Delta V}{V}} = \frac{V\Delta p}{\Delta V}$$

जहाँ Δp = जलीय प्रतिबल, $\frac{\Delta V}{V}$ = आयतन विकृति

ऋणात्मक चिह्न इस तथ्य की ओर संकेत करता है कि दाब में वृद्धि करने पर आयतन में कमी होती है।

आयतन गुणांक का SI मात्रक न्यूटन/मीटर^2 या पास्कल (Pa) होता है।

आयतन गुणांक के व्युत्क्रम/विलोम को संपीड्यता (compressibility) कहते हैं।

$$\text{अपरूपण गुणांक} = \frac{\text{अपरूपण प्रतिबल}}{\text{अपरूपण विकृति}} \quad G = \frac{\frac{F}{A}}{\theta} = \frac{F}{A} \times \frac{1}{\theta} = \frac{F}{A \times \theta}$$

जहाँ $\frac{F}{A}$ = अपरूपण प्रतिबल, θ = अपरूपण विकृति

अपरूपण गुणांक का SI मात्रक न्यूटन/मीटर^2 या पास्कल (Pa) होता है।

प्वासो अनुपात (Poisson's Ratio) : पार्श्विक विकृति (lateral strain) तथा अनुदैर्घ्य विकृति (longitudinal strain) के अनुपात को प्वासो अनुपात कहा जाता है। इसे प्रतीक σ से निरूपित किया जाता है।

$$\sigma = \frac{\frac{\Delta D}{D}}{\frac{\Delta l}{l}} = \frac{\Delta D}{D} \times \frac{l}{\Delta l} \qquad \text{जहाँ } \frac{\Delta D}{D} = \text{ पार्श्विक विकृति, } \frac{\Delta l}{l} = \; = \text{अनुदैर्घ्य विकृति}$$

(ii) दाब

दाब (Pressure) : किसी सतह की प्रति इकाई क्षेत्रफल पर कार्य कर रहा बल दाब कहलाता है। अर्थात् दाब = बल / क्षेत्रफल। अतः क्षेत्रफल जितना बड़ा होगा दाब उतना ही कम होगा और क्षेत्रफल जितना कम होगा दाब उतना ही अधिक होगा। दाब का SI मात्रक—न्यूटन / मीटर^2 है, जिसे अब पास्कल (Pascal-Pa) कहते हैं। यह मात्रक द्रवों का विस्तृत अध्ययन करने वाले वैज्ञानिक ब्लेज पास्कल (Blaise Pascal) के सम्मान में रखा गया है। दाब एक अदिश राशि है।

द्रवों में दाब (Pressure in liquids): द्रव पदार्थों का दाब उनके भार के कारण होता है। द्रव के अणु विभिन्न दिशाओं में अनियमित गति (random motion) करते रहते हैं। इस कारण द्रव के अणु परस्पर तथा बर्तन की दीवारों से टकराते रहते हैं, जिसके कारण बर्तन की दीवार एवं तली एक बल का अनुभव करती हैं। प्रति इकाई क्षेत्रफल पर लगने वाले इसी बल को द्रव का दाब कहते हैं।

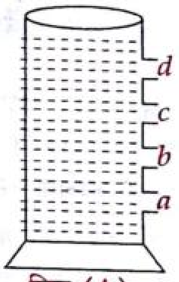
द्रव में दाब की गणना : द्रव के अन्दर किसी बिन्दु पर द्रव के कारण दाब द्रव की सतह से उस बिन्दु की गहराई (h), द्रव के घनत्व (d) तथा गुरुत्वीय त्वरण (g) के गुणनफल के बराबर होता है, अर्थात्, दाब $P = h \times d \times g$

द्रव का दाब बर्तन, जिसमें वह रखा जाता है, उसकी आकार या आकृति पर निर्भर नहीं करता है। यदि द्रव के स्वतंत्र तल पर लगने वाले बल में वायुमंडलीय दाब को भी सम्मिलित कर लिया जाए, तो

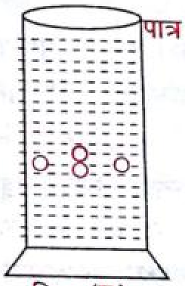
$$\text{द्रव में कुल दाब} = \text{वायुमंडलीय दाब} + (h \times d \times g)$$

द्रवों में दाब संबंधी नियम :

(i) द्रव के भीतर किसी बिन्दु पर दाव स्वतंत्र तल से बिन्दु की गहराई के समानुपाती होता है। अर्थात् गहराई बढ़ने से द्रव का दाब बढ़ता है, क्योंकि गहराई के बढ़ने से ऊपर के द्रव का भार बढ़ता जाता है। चित्र (A) में अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल में बराबर चार छिद्र a, b, c एवं d हैं। चित्र (A) में ऊपरी सीमा तक जल भरा रहने पर यदि जल को इन छिद्रों से होकर बहने दिया जाए, तो जल की धार सबसे अधिक दूरी तक छिद्र a से जाएगी, क्योंकि छिद्र a अन्य बिन्दुओं से नीचे स्थित है, अर्थात् उसकी गहराई सबसे अधिक है। अतः वहाँ दाब भी सबसे अधिक होगा।

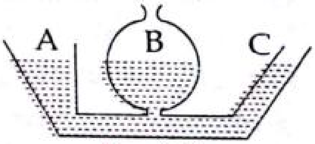


चित्र (A)



चित्र (B)

(ii) स्थिर द्रवं के भीतर किसी बिन्दु पर दाव प्रत्येक दिशा में वरावर होता है। अर्थात् एक ही गहराई पर, सभी दिशाओं में समान दाब लगता है। चित्र (B) में एक ही गहराई पर चारों ओर छिद्र बने हुए हैं। यदि बर्त्तन में जल भरने के बाद इन सभी छिद्रों को खोला जाए, तो सभी छिद्रों से जल समान दाब पर निकलेगा।



चित्र (C)

(iii) स्थिर द्रव में एक ही क्षैतिज तल में स्थित सभी विन्दुओं पर दाव समान होता है। चित्र (C) में बिन्दु A, B एवं C पर दाब समान है। अर्थात् द्रव पात्र में द्रव का दाब सिर्फ उसकी उर्ध्वाधर गहराई पर निर्भर करता है, यह नली के आकार या चौड़ाई पर निर्भर नहीं करता है।

(iv) किसी विन्दु पर द्रव का दाब द्रव के घनत्व पर निर्भर करता है। द्रव का घनत्व जितना ही अधिक होगा, उसका दाब किसी गहराई पर उतना ही अधिक होगा।

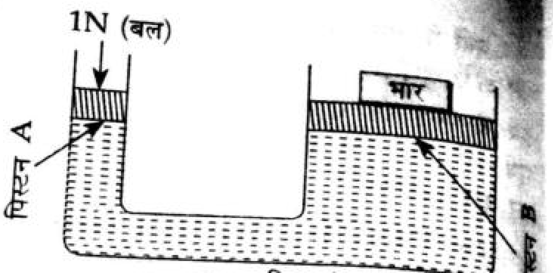
द्रव-दाब संबंधी पास्कल के नियम (Pascal's Law)

पास्कल के नियम का पहला कथन : यदि गुरुत्वीय प्रभाव को नगण्य माना जाए, तो सन्तुलन की अवस्था में द्रव के भीतर प्रत्येक बिन्दु पर दाब समान होता है। यदि गुरुत्वीय प्रभाव को नगण्य न माना जाए, तो समान गहराई पर स्थित सभी बिन्दु पर द्रव का दाब समान होता है।

पास्कल के नियम का दूसरा कथन : किसी बर्तन में बन्द द्रव के किसी भाग पर आरोपित बल, द्रव द्वारा सभी दिशाओं में समान परिमाण में संचारित कर दिया जाता है।

पास्कल के नियम के आधार पर कई द्रवचालित यंत्र (Hydraulic machines) बनाए गए हैं, जैसे—हाइड्रोलिक ब्रेक, हाइड्रोलिक लिफ्ट, हाइड्रोलिक प्रेस। इन सभी द्रवचालित यंत्रों की कार्यविधि द्रवों के दो मूलभूत गुणों पर निर्भर करती है। पहला तो यह कि द्रव लगभग असंपीड्य होते हैं (अर्थात् दाब देकर उनके आयतन को घटाया नहीं जा सकता) तथा दूसरा यह कि किसी

भी दाब के अधीन वे किसी भी भाग में पहुँच सकते हैं। द्रवचालित यंत्र के सिद्धान्त को चित्र द्वारा प्रदर्शित किया गया है। मान लें कि पिस्टन A पर 1 N का अधोमुखी बल कार्य कर रहा है तथा पिस्टन का क्षेत्रफल $1/100\ m^2$ है। इसलिए द्रव द्वारा संचारित दाब का मान होगा—



द्रव चालित यंत्र

$$\text{दाब} = \frac{\text{बल}}{\text{क्षेत्रफल}} = \frac{1}{\frac{1}{100}} = 100\ Pa$$

यह बल $1\ m^2$ क्षेत्रफल वाले पिस्टन B पर कार्य करता है। B पर लगने वाला कुल ऊर्ध्वमुखी बल होगा—

$$\text{बल} = \text{क्षेत्रफल} \times \text{दाब} = 1 \times 100 = 100N \quad \left[\because \quad \text{दाब} = \frac{\text{बल}}{\text{क्षेत्रफल}}\right]$$

अतः यदि कोई घर्षण हानि नहीं हो, तो 1N के बल द्वारा 100N का भार उठाया जा सकता है, जो कि $100/1 = 100$ यांत्रिक लाभ होगा। इस प्रकार द्रवचालित यंत्रों में कम बल लगाकर कई गुना अधिक यांत्रिक लाभ लिया जाता है।

गलनांक एवं क्वथनांक पर दाब का प्रभाव

गलनांक पर दाब का प्रभाव (Effect of Pressure on melting point) : गरम करने पर जिन पदार्थों का आयतन बढ़ता है, दाब बढ़ाने पर उनका गलनांक बढ़ जाता है; जैसे—मोम, घी आदि। इसके विपरीत गरम करने पर जिन पदार्थों का आयतन घटता है, दाब बढ़ाने पर उनका गलनांक कम हो जाता है; जैसे— बर्फ, बिस्मथ, ढलवां लोहा आदि।

क्वथनांक पर दाब का प्रभाव (Effect of Pressure on boiling point) : सभी द्रवों का क्वथनांक उनकी खुली सतह पर दाब बढ़ाने से बढ़ जाता है; जैसे— साधारण वायुमंडलीय दाब पर पानी का क्वथनांक 100°C होता है, परन्तु यदि दाब को दो गुना कर दिया जाए, तो जल का क्वथनांक लगभग 125°C हो जाता है।

(iii) प्लवन (Floatation)

द्रव का उत्क्षेप या उत्प्लावन बल (Upthrust or Buoyant force of a liquid) : जब कोई ठोस वस्तु द्रव में डुबोयी जाती है, तो उसके भार में कुछ कमी प्रतीत होती है। भार में यह आभासी कमी द्रव द्वारा वस्तु पर ऊपर की ओर लगाए गए बल के कारण होती है। इस बल को उत्प्लावन बल (Buoyant force) या उत्क्षेप (Upthrust) कहते हैं। उत्क्षेप वस्तु द्वारा हटाये गये द्रव के गुरुत्व केन्द्र पर कार्य करता है, जिसे उत्प्लावन केन्द्र (Centre of bouyancy) कहते हैं। जल के उत्क्षेप का अध्ययन सर्वप्रथम आर्किमीडीज ने किया और एक सिद्धान्त दिया जिसे 'आर्किमीडीज का सिद्धान्त' कहते हैं।

आर्किमीडीज का सिद्धान्त (Archimedes's Principle) : जब कोई वस्तु किसी द्रव में पूरी अथवा आंशिक रूप से डुबोई जाती है, तो उसके भार में आभासी कमी होती है। भार में यह आभासी कमी वस्तु द्वारा हटाए गए द्रव के भार के बराबर होती है। अतः इस सिद्धान्त के अनुसार—

(i) किसी ठोस का आपेक्षिक घनत्व $= \dfrac{\text{ठोस का वायु में भार}}{\text{जल में ठोस के भार में कमी}}$

(ii) किसी द्रव का आपेक्षिक घनत्व $= \dfrac{\text{द्रव में ठोस के भार में कमी}}{\text{जल में ठोस के भार में कमी}}$

आपेक्षिक घनत्व एक शुद्ध संख्या है। इसका कोई मात्रक नहीं होता है।

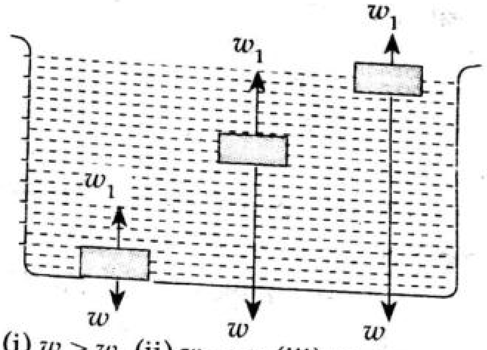
$\because$ घनत्व = द्रव्यमान/आयतन, आपेक्षिक घनत्व $= \dfrac{\text{वस्तु का घनत्व}}{\text{पानी का घनत्व}}$

प्लवन (Floatation): जब कोई वस्तु किसी द्रव में डुबोई जाती है, तो उस पर दो बल कार्य करते हैं—(i) वस्तु का भार (w) नीचे की ओर (ii) द्रव का उत्क्षेप या उत्प्लावन बल (w_1) ऊपर की ओर; तो निम्न तीन अवस्थाएँ हो सकती हैं—

(i) जब $w > w_1$ अर्थात् वस्तु का भार उसके उत्क्षेप या उत्प्लावन बल से अधिक हो। इस अवस्था में वस्तु द्रव में डूब जाएगी।

(ii) जब $w = w_1$ अर्थात् वस्तु का भार उसके द्वारा हटाए गए द्रव के भार यानी उसके उत्क्षेप के बराबर हो। इस स्थिति में वस्तु पर परिणामी बल $w - w_1 = 0$ होता है। इस स्थिति में वस्तु ठीक द्रव की सतह के नीचे तैरती रहती है।

(iii) जब $w < w_1$, अर्थात् वस्तु का भार उस पर लगने वाले उत्क्षेप या उत्प्लावक बल से कम हो। इस स्थिति में परिणामी बल ऊपर की ओर लगता है, अतः वस्तु का कुछ भाग द्रव के ऊपर रहता है और वस्तु द्रव में तैरती रहती है। ऐसी अवस्था में वस्तु का घनत्व द्रव के घनत्व से कम होता है। अतः द्रव में आंशिक रूप से डूबकर तैरने वाली वस्तु के लिए



(i) $w > w_1$ (ii) $w = w_1$ (iii) $w < w_1$

$$\frac{\text{वस्तु का घनत्व}}{\text{द्रव का घनत्व}} = \frac{\text{वस्तु का द्रव में डूबा हुआ आयतन}}{\text{वस्तु का कुल आयतन}}$$

जैसे—जब बर्फ पानी में तैरती है, तो उसके आयतन का 1/10 भाग पानी के ऊपर 9/10 भाग पानी के नीचे रहता है। अतः बर्फ का घनत्व 0.9 ग्राम/सेमी०^3 होता है। [शुद्ध जल का घनत्व 1 ग्राम/सेमी०^3 या 1 किग्रा०/मी०^3 होता है।] इसी सिद्धान्त द्वारा पानी मिले हुए अशुद्ध दूध में दुग्धमापी (Lactometer) को डुबाकर दूध में मिश्रित जल की प्रतिशत मात्रा ज्ञात की जाती है।

हाइड्रोमीटर (Hydrometer): इससे तरल पदार्थों का आपेक्षिक घनत्व मापा जाता है। यह प्लवन के सिद्धान्त पर आधारित है।

आर्किमीडीज के सिद्धान्त व प्लवन के नियम के दैनिक जीवन में अनेक उदाहरण देखने को मिलते हैं। जैसे—(i) लोहे का जहाज पानी पर तैरता है, परन्तु लोहे की कील पानी में डूब जाती है। इसका कारण जहाज की विशेष बनावट है। जहाज की विशेष बनावट के कारण इसके द्वारा हटाए गए पानी का भार, जहाज के भार से अधिक होता है, जिसके कारण इस पर अधिक उत्प्लावन बल लगता है व जहाज तैरता रहता है। कील द्वारा हटाए गए द्रव का भार कील के स्वयं के भार से कम होता है, फलतः कील पानी में डूब जाती है। (ii) जीवन रक्षा पेटी (life belt), पनडुब्बी भी इसी सिद्धान्त पर कार्य करते हैं। आर्किमिडीज का सिद्धान्त गैसों के लिए भी सत्य है।

तैरने के नियम : जब वस्तु किसी द्रव में तैरती है, तो उसका भार उसके द्वारा हटाए गए द्रव के भार के बराबर होता है, तथा वस्तु का गुरुत्व-केन्द्र तथा हटाए गए द्रव का गुरुत्व-केन्द्र दोनों एक ही ऊर्ध्वाधर रेखा में होते हैं।

मित केन्द्र (Meta Centre): तैरती हुई वस्तु द्वारा विस्थापित द्रव के गुरुत्व-केन्द्र को उत्प्लावन केन्द्र कहते हैं। उत्प्लावन केन्द्र से जाने वाली उर्ध्व रेखा जिस बिन्दु पर वस्तु के गुरुत्व-केन्द्र से जाने वाली प्रारंभिक ऊर्ध्व रेखा को काटती है, उसे मित केन्द्र कहते हैं। तैरने वाली वस्तु के स्थायी संतुलन के लिए मित केन्द्र, गुरुत्व-केन्द्र के ऊपर होना चाहिए।

किसी बर्तन में पानी भरा है और उस पर बर्फ तैर रही है। जब बर्फ पूरी तरह पिघल जाएगी तो पात्र में पानी का तल अपरिवर्तित रहता है अर्थात् पानी का तल पहले के समान ही रहता है।

(iv) पृष्ठ तनाव (Surface Tension)

संसंजक बल और **आसंजक बल** (Cohesive force and Adhesive force): प्रत्येक पदार्थ अणुओं से मिलकर बना होता है, जिनके बीच आकर्षण बल कार्य करता है। एक ही पदार्थ

के अणुओं के मध्य लगने वाले आकर्षण बल को संसंजक बल (Cohesive force) कहते हैं। ठोसों में संसंजक बल का मान बहुत अधिक होता है, जिससे उनके अणु दृढ़तापूर्वक बंधे रहते हैं, फलस्वरूप उनका आकार निश्चित होता है। द्रवों में संसंजक बल का मान बहुत कम होता है, फलस्वरूप द्रवों का कोई निश्चित आकार नहीं होता। गैसों में संसंजक बल का मान नगण्य होता है, जिसके कारण उनमें विसरण (diffusion) का गुण पाया जाता है। दो भिन्न पदार्थों के अणुओं के मध्य लगने वाले आकर्षण बल को आसंजक बल (Adhesive Force) कहते हैं। आसंजक बल के कारण ही जल किसी वस्तु को भिगोता है। इस बल के कारण ही ब्लैकबोर्ड पर चॉक से लिखने पर अक्षर उभर आते है।

जब किसी द्रव-ठोस युग्म के लिए आसंजक बल का मान, द्रव के अणुओं के संसंजक बल के मान से कम होता है, तो वह द्रव उस ठोस को गीला नहीं कर पाता है। जैसे—पारा काँच पर नहीं चिपकता है, क्योंकि पारा और काँच के अणुओं के मध्य लगने वाला आसंजक बल पारे के अणुओं के मध्य लगने वाले संसंजक बल से कम होता है।

इसी प्रकार, जब किसी द्रव-ठोस युग्म के लिए आसंजक बल का मान, द्रव के अणुओं के संसंजक बल के मान से अधिक होता है तो वह ठोस को गीला कर देता है। जैसे—पानी काँच पर चिपकता है, क्योंकि पानी और काँच के अणुओं के मध्य लगने वाला आसंजक बल पानी के अणुओं के मध्य लगने वाले संसंजक बल से अधिक होता है।

पृष्ठ तनाव (Surface tension) **:** द्रव के भीतर का अणु संसंजक बल के कारण अपने पड़ोसी अणुओं के द्वारा आकर्षित होता है। द्रव का ऊपरी पृष्ठ/सतह स्वतंत्र होता है, जिसे स्वतंत्र पृष्ठ (free surface) कहा जाता है। द्रव के ऊपरी पृष्ठ के नज़दीक न होकर द्रव के भीतर होने वाला अणु अपने पड़ोसी अणुओं से चारों तरफ पूर्णरूपेण घिरा होता है। ऐसा अणु अपने पड़ोसी अणुओं द्वारा सभी दिशाओं में समान रूप से आकर्षित किया जाता है इसलिए किसी एक दिशा में परिणामी खिंचाव (resultant pull) शून्य होता है। द्रव के स्वतंत्र पृष्ठ/सतह के नजदीक के अणु के ऊपर कोई अन्य द्रव अणु नहीं होते इसलिए ऐसा अणु नीचे की ओर खिंचाव महसूस करता है। चूँकि द्रव के ऊपरी सतह के नजदीक के सभी अणु इसी तरह नीचे की ओर आकर्षण बल महसूस करते हैं इसलिए द्रव ऐसे काम करता है मानोकि वह तना हुआ इलास्टिक झिल्ली (elastic membrane) हो जो जहां तक संभव हो अपने को सिकोड़ने का प्रयास कर रहा हो। अतः द्रव का पृष्ठ/सतह ऐसे व्यवहार करता है जैसे कि वह तनाव (Tension) में हो।

इस प्रकार, द्रव का स्वतंत्र पृष्ठ सदैव तनाव में रहता है तथा उसमें कम-से-कम क्षेत्रफल प्राप्त करने की प्रवृत्ति होती है। द्रव के पृष्ठ का यह तनाव ही पृष्ठ तनाव कहलाता है। अतः किसी द्रव का पृष्ठ तनाव वह बल है, जो द्रव के पृष्ठ पर खींची गयी काल्पनिक रेखा के इकाई लम्बाई पर रेखा के लम्बवत् (द्रव-पृष्ठ के तल में) कार्य करता है। यदि रेखा की l लम्बाई पर F बल कार्य करता है, तो पृष्ठ तनाव $T = F/l$, पृष्ठ तनाव का SI मात्रक न्यूटन/मीटर होता है।

पृष्ठ क्षेत्रफल बढ़ाने के लिए द्रव को ऊर्जा की आवश्यकता होती है। पृष्ठ के प्रति मात्रक क्षेत्रफल की यही अतिरिक्त ऊर्जा पृष्ठ ऊर्जा कहलाती है। अतः यदि किसी द्रव के पृष्ठ का क्षेत्रफल, ΔA बढ़ाने के लिए W कार्य करना पड़े, तो द्रव का पृष्ठ तनाव, $T = \dfrac{W}{\Delta A}$ यदि $\Delta A = 1$ तो $T = W$ अर्थात् द्रव के पृष्ठ क्षेत्रफल में एकांक वृद्धि करने के लिए किया गया कार्य द्रव के पृष्ठ तनाव के बराबर होता है। इसके अनुसार पृष्ठ तनाव का मात्रक जूल/मीo^2 भी लिखा जा सकता है। किसी दिए हुए आयतन के लिए गोलाकार आकृति के पृष्ठ का क्षेत्रफल अन्य आकृतियों के पृष्ठ के क्षेत्रफल से कम होता है। चूँकि द्रव का स्वतंत्र पृष्ठ कम-से-कम क्षेत्रफल घेरने का प्रयास करता है, अतः वर्षा की बूँदें, पारे के कण आदि गोलाकार होते हैं।

नोट : *द्रव का ताप बढ़ने पर पृष्ठ तनाव कम हो जाता है और क्रांतिक ताप (Critical Temp.) पर यह शून्य हो जाता है।*

पृष्ठ तनाव से संबंधित उदाहरण

(i) पतली सुई पृष्ठ तनाव के कारण ही पानी पर तैराई जा सकती है।

(ii) साबुन, डिटर्जेण्ट आदि जल का पृष्ठ तनाव कम कर देते हैं, अतः वे मैल में गहराई तक चले जाते हैं, जिससे कपड़ा ज्यादा साफ होता है।

(iii) साबुन के घोल के बुलबुले बड़े इसीलिए बनते हैं कि जल में साबुन घोलने पर उसका पृष्ठ तनाव कम हो जाता है।

(iv) स्थिर जल की सतह पर मच्छरों का लार्वा तैरते रहते हैं, परन्तु जल में मिट्टी का तेल छिड़क देने पर उसका पृष्ठ तनाव कम हो जाता है, जिससे लार्वा पानी में डूबकर मर जाते हैं।

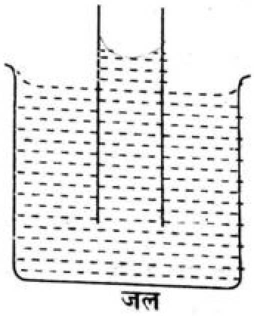
(v) गरम सूप स्वादिष्ट लगता है, क्योंकि गरम सूप का पृष्ठ तनाव कम होता है, अतः वह जीभ के ऊपर सभी भागों में अच्छी तरह फैल जाता है।

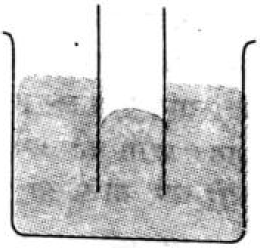
(vi) पृष्ठ तनाव के कारण ही पानी से बाहर निकालने पर शेविंग ब्रश के बाल आपस में चिपक जाते हैं।

(vii) समुद्र की लहरों को शांत करने के लिए उन पर तेल डाल दिया जाता है।

(v) केशिकत्व

केशिकत्व (Capillarity) : केशनली (Capillary Tube) में द्रव के ऊपर चढ़ने या नीचे उतरने की घटना को केशिकत्व कहते हैं। केशनली एक बहुत ही कम एवं एकसमान त्रिज्या वाली एक खोखली नली होती है। केशनली में कोई भी द्रव किस सीमा तक चढ़ेगा, यह केशनली की त्रिज्या पर निर्भर करता है। सामान्यतः जो द्रव कांच को भिगोता है, वह केशनली में ऊपर चढ़ जाता है और जो द्रव काँच को नहीं भिगोता वह नीचे उतर जाता है। जैसे—जब केशनली को पानी में डुबाया जाता है, तो पानी ऊपर चढ़ जाता है और पानी की सतह केशनली में धँसा हुआ रहता है। इसके विपरीत जब केशनली को पारे में डुबाया जाता है, तो पारा केशनली में बर्तन में रखे पारे की सतह से नीचे ही रहता है और केशनली में पारा का सतह उभरा हुआ रहता है। यदि केशनली की त्रिज्या r, द्रव का पृष्ठ तनाव T व द्रव घनत्व d हो, तो नली में चढ़े (या उतरे) द्रव की ऊँचाई (या गहराई) $h = \frac{2T\cos\theta}{rdg}$ जहाँ θ = द्रव का स्पर्श कोण। इस सूत्र से स्पष्ट है कि नली जितनी पतली (r कम) होगी द्रव उतनी ही अधिक ऊँचाई तक चढ़ेगा। शुद्ध जल के लिए θ का मान लगभग शून्य होता है और पारा के लिए इसका मान 135° होता है। $\cos 0° = 1$, $\cos 135° = -0.71$ अतः पारे के लिए h का मान ऋणात्मक होता है, जो यह बताता है कि पारा केशनली में नीचे गिर जाता है।

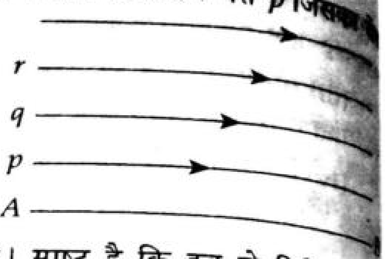

जल


पारा

केशिकत्व का उदाहरण : (i) ब्लॉटिंग पेपर स्याही को शीघ्र सोख लेता है, क्योंकि इसमें बने छोटे-छोटे छिद्र केशनली की तरह कार्य करती हैं। (ii) लालटेन या लैम्प की बत्ती में केशिकत्व के कारण ही तेल ऊपर चढ़ता है। (iii) पेड़-पौधों की शाखाओं, तनों एवं पत्तियों तक जल और आवश्यक लवण केशिकत्व की क्रिया के द्वारा ही पहुँचते हैं। (iv) कृत्रिम उपग्रह के अन्दर (भारहीनता की अवस्था) यदि किसी केशनली को जल में खड़ा किया जाए, तो नली में चढ़ने वाले जल स्तम्भ का प्रभावी भार शून्य होने के कारण जल नली के दूसरे सिरे तक पहुँच जाएगा चाहे केशनली कितनी भी लम्बी क्यों न हो। (v) वर्षा के बाद किसान अपने खेतों की जुताई कर देते हैं, ताकि मिट्टी में बनी केशनलियाँ टूट जाएँ और पानी ऊपर न आ सके व मिट्टी में नमी बनी रहे।

(vi) श्यानता (Viscosity)

किसी द्रव या गैस की पर्त की दूसरी पर्त पर फिसलने पर उनके मध्य घर्षण बल लगता है, जो उनकी आपेक्षिक गति का विरोध करता है। इसे एक उदाहरण से समझा जा सकता है। माना कि कोई द्रव किसी क्षैतिज समतल AB पर बह रहा है। द्रव की वह पर्त जो तल AB के सम्पर्क में रहती है, स्थिर होती है। परन्तु ज्यों-ज्यों हम ऊपर की ओर बढ़ते हैं, द्रव की विभिन्न पर्तों का



वेग बढ़ता जाता है तथा सबसे ऊपर वाली पर्त का वेग अधिकतम होता है। पर्त p जिसका वे पर्त q से कम है, पर्त q को पीछे की ओर खींचना चाहती है, अर्थात् पर्त p पर्त q के वेग को कम करना चाहती है, परन्तु पर्त q पर्त p को आगे की ओर बढ़ाना चाहती है, अर्थात् इसके वेग को बढ़ाना चाहती है। यही बात पर्त q एवं r के बीच होती है। अतः द्रव की प्रत्येक पर्त अपने नीचे वाली पर्त को आगे की ओर खींचना चाहती है,वे अपने ऊपर वाली पर्त को पीछे की ओर खींचना चाहती है। स्पष्ट है कि द्रव के विभिन्न पर्तो के बीच आन्तरिक स्पर्श-रेखीय बल (Internal Tangential Force) कार्य करते हैं, जो पर्तों के बीच होने वाली आपेक्षिक गति को नष्ट करने का प्रयास करते हैं। इन बलों को **श्यान बल** कहते हैं। इस प्रकार किसी द्रव या गैस की दो क्रमागत पर्तों के बीच उनकी आपेक्षिक गति का विरोध करने वाले घर्षण बल को श्यान बल (Viscous Force) कहते हैं। अतः श्यानता द्रव का वह गुण है, जिसके कारण वह अपनी विभिन्न पर्तों में होने वाली आपेक्षिक गति का विरोध करता है। दैनिक जीवन में होने वाली अनेक घटनाओं में हमें श्यानता का प्रभाव देखने को मिलता है; जैसे जितनी तेजी से हम वायु में दौड़ सकते हैं, उतनी तेजी से जल में नहीं दौड़ सकते। इसका कारण यह है कि जल की श्यानता वायु से अधिक है।

श्यानता केवल द्रवों तथा गैसों का गुण है। द्रवों में श्यानता, अणुओं के मध्य लगने वाले संसंजकों बलों के कारण होती है। जब द्रव की विभिन्न पर्तों के मध्य आपेक्षिक गति होती है, तो द्रव के अणुओं के बीच की दूरी बढ़ती है, जिसका संसंजक बल विरोध करता है, फलस्वरूप श्यानता की उत्पत्ति होती है। इसके विपरीत गैसों में श्यानता इसकी एक पर्त से दूसरी पर्त में अणुओं के स्थानान्तरण के कारण होती है। अतः गैसों में श्यानता, द्रवों की तुलना में बहुत कम होती है। ठोसों में श्यानता नहीं होती है, क्योंकि उसकी विभिन्न पर्तों में आपेक्षिक गति नहीं होती है।

श्यानता का दूसरा मतलब गाढ़ापन भी है। जो द्रव जितने अधिक गाढ़े होते हैं, वे उतने ही अधिक श्यान होते हैं। शहद और ग्लिसरीन की श्यानता पानी की तुलना में अधिक होती है। यदि एक बरतन में शहद एवं दूसरे बरतन में पानी लेकर बारी-बारी से हिलाकर छोड़ दें, तो शहद पानी की अपेक्षा जल्दी रुक जाता है। वायु की श्यानता के कारण ही बादल के कण बहुत धीरे-धीरे नीचे आ पाते हैं तथा बादल आकाश में तैरते प्रतीत होते हैं।

श्यानता पर ताप का प्रभाव : ताप बढ़ाने पर द्रव की श्यानता घट जाती है, परन्तु गैसों की बढ़ जाती है। एक आदर्श तरल की श्यानता शून्य होती है। व्यवहार में ऐसा द्रव असंभव है, परन्तु जल आदर्श द्रव के निकटतम है।

श्यानता गुणांक (Coefficient of Viscosity): किसी तरल की श्यानता को श्यानता गुणांक द्वारा मापा जाता है। किसी द्रव की दो पर्तों के बीच लगने वाला श्यान बल

$F = \eta A \frac{dv}{dx}$ जहाँ $A =$ प्रत्येक पर्त का क्षेत्र, $\frac{dv}{dx} =$ वेग प्रवणता $=$ दूरी के साथ वेग में परिवर्तन की दर

यदि $A = 1, \frac{dv}{dx} = 1$ तो $\eta = F$

अतः किसी द्रव का श्यानता गुणांक उस द्रव के अन्दर एकांक क्षेत्रफल वाली दो पर्तों के बीच कार्य करने वाले श्यान बल के बराबर होती है, जब उन पर्तों के बीच एकांक वेग प्रवणता हो। श्यानता गुणांक का SI मात्रक डेकाप्वॉइज (Decapoise) या प्वॉयजली (Poiseuille-*PI*) कहलाता है। इसे पास्कल सेकण्ड (Pa.s) भी कहते हैं। इसे प्रायः η (ईटा) द्वारा व्यक्त किया जाता है।

सीमान्त वेग (Terminal Velocity): जब कोई वस्तु किसी श्यान द्रव में गिरती है, तो प्रारंभ में उसका वेग बढ़ता जाता है, किन्तु कुछ समय बाद वह नियत वेग से गिरने लगती है। इस नियत वेग को ही वस्तु का सीमान्त वेग कहते है। सीमान्त वेग की स्थिति में वस्तु का भार, श्यान बल एवं उत्प्लावन बल के योग के बराबर हो जाता है, अतः उस वस्तु पर कार्य करने वाले

बलों का बीजीय योग शून्य होता है। अतः वस्तु का त्वरण भी शून्य होता है। यह वेग वस्तु की त्रिज्या के वर्ग के अनुक्रमानुपाती होता है, अर्थात् बड़ी वस्तु अधिक वेग से और छोटी वस्तु कम वेग से गिरती है। पैराशूट की सहायता से नीचे उतरता सैनिक सीमान्त वेग से पृथ्वी पर उतरता है। बादल आकाश में तैरते हुए प्रतीत होते हैं, क्योंकि बादल भाप के बहुत छोटे कणों से मिलकर बने हैं। इन कणों का सीमान्त वेग बहुत ही कम होता है, जिससे वे वायु की दिशा में बह जाते है, जिससे उनका समूह तैरता हुआ-सा प्रतीत होता है।

तरल प्रवाह (Flow of Fluids)

धारारेखीय प्रवाह (Streamline Flow) : जब द्रव का प्रत्येक कण प्रवाह के दौरान उसी बिन्दु से गुजरता है जिस बिन्दु से उसके पहले वाला कण गुजरा था तो द्रव के ऐसे प्रवाह को धारारेखीय प्रवाह कहते हैं।

अविरतता का सिद्धान्त (Principle of Continuity) : यदि कोई असम्पीड्य (incompressible) तथा अश्यान द्रव (non-viscous liquid) अर्थात् आदर्श द्रव असमान अनुप्रस्थ परिच्छेद वाली नली में बह रहा हो तथा उसका प्रवाह धारारेखीय हो, तो नली के प्रत्येक स्थान पर उसके अनुप्रस्थ परिच्छेद के क्षेत्रफल और द्रव के प्रवाह के वेग का गुणनफल सदैव नियत रहता है। इसे अविरतता का सिद्धान्त कहते हैं। यदि नली के किसी स्थान पर उसके अनुप्रस्थ परिच्छेद का क्षेत्रफल A तथा द्रव के प्रवाह का वेग v हो, तो इस सिद्धान्त के अनुसार—

$$A.v = \text{एक नियतांक}$$

दो भिन्न स्थानों के लिए, $A_1v_1 = A_2v_2 =$ नियतांक

इस समीकरण से स्पष्ट है कि असमान अनुप्रस्थ परिच्छेद वाली नली के किसी बिन्दु पर द्रव के प्रवाह की दर उस बिन्दु पर अनुप्रस्थ परिच्छेद के क्षेत्रफल के व्युत्क्रमानुपाती होती है। अतः जहाँ नली चौड़ी होती है, वहाँ द्रव प्रवाह का वेग कम तथा जहाँ पतली होती है, वहाँ द्रव प्रवाह का वेग अधिक होता है।

क्रांतिक वेग (Critical Velocity) : यदि द्रव के प्रवाह का वेग एक निश्चित वेग से कम होता है, तो द्रव का प्रवाह धारारेखीय प्रवाह (Streamline Flow) होता है, अर्थात् द्रव का प्रत्येक कण उसी बिन्दु से गुजरता है, जिससे उसके पहले वाला कण गुजरा था। इस निश्चित वेग को क्रांतिक वेग कहते हैं। यह वेग नियमित होता है, जिसमें किसी नियत बिन्दु पर प्रवाह की चाल व उसकी दिशा निश्चित बनी रहती है। यदि द्रव वेग क्रांतिक वेग से अधिक होता है, तो द्रव का प्रवाह धारारेखीय न रहकर विक्षुब्ध प्रवाह (Turbulent Flow) हो जाता है, अर्थात् द्रव की गति अनियमित व उसका मार्ग टेढ़ा-मेढ़ा (zig-zag) या भंवरदार (whirly) होता है। जैसे—बरसात में नदी-नालों की गति।

जब द्रव के बहने का वेग क्रांतिक वेग से कम होता है, तो उसका बहना मुख्यतया श्यानता (η) पर निर्भर करता है, और यदि द्रव के बहने का वेग क्रांतिक वेग से अधिक होता है, तो द्रव का बहना मुख्यतः उसके घनत्व पर निर्भर करता है। उदाहरण के लिए, ज्वालामुखी से निकला हुआ लावा बहुत अधिक गाढ़ा होने पर भी तेजी से बहता है, क्योंकि उसका घनत्व अपेक्षाकृत कम होता है और घनत्व ही उसके वेग को निर्धारित करता है।

बरनौली प्रमेय (Bernoulli's Theorem) : जब कोई असम्पीड्य और अश्यान द्रव अर्थात् आदर्श द्रव किसी नली में धारारेखीय प्रवाह में बहता है, तो उसके मार्ग के प्रत्येक बिन्दु पर इसके एकांक आयतन या एकांक द्रव्यमान की कुल ऊर्जा (यानी दाब ऊर्जा, गतिज ऊर्जा एवं स्थितिज ऊर्जा का योग) नियत रहती है।

यदि द्रव का एकांक आयतन या एकांक द्रव्यमान की दाब ऊर्जा P, द्रव का घनत्व ρ, पृथ्वी तल से ऊँचाई h तथा वेग v हो, तो, बरनौली के प्रमेय के अनुसार—

एकांक आयतन के लिए $P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh =$ एक नियतांक

तथा एकांक द्रव्यमान के लिए $\frac{p}{\rho}+\frac{1}{2}v^2+gh$ = एक नियतांक

उपर्युक्त समीकरणों में पहला, दूसरा एवं तीसरा पद क्रमशः दाब ऊर्जा, गतिज ऊर्जा, स्थितिज ऊर्जा बतलाते हैं। यह प्रमेय गैसों के प्रवाह के लिए भी सत्य है। इस प्रमेय से स्पष्ट है कि यदि तरल का दाब बढ़ता है, तो उसका वेग कम हो जाता है और यदि वेग बढ़ता है तो दाब कम हो जाता है। यदि द्रव प्रवाह क्षैतिज तल में है, तो h नियत रहता है, अतः एकांक आयतन के लिए $P+\frac{1}{2}\rho v^2$ = नियतांक।

बरनौली प्रमेय के अनुप्रयोग (Applications of Bernoulli's Theorem):

(i) वेन्टुरीमीटर (Venturimeter): यह बरनौली प्रमेय पर आधारित एक ऐसी युक्ति है, जिसकी सहायता से किसी नली में द्रव के प्रवाह की दर ज्ञात की जाती है।

प्रवाह की दर $Q=a_1a_2\sqrt{\frac{2gh}{a_1^2-a_2^2}}$, जहाँ a_1 व a_2 अनुप्रस्थ काट वाले दो बिन्दुओं के बीच दाबान्तर h है।

(ii) समुद्र में एक दिशा में एक-दूसरे के समान्तर गतिमान दो जलयानों के अधिक निकट आ जाने पर उनके बीच का स्थान संकरा होता जाता है, जिससे वहाँ के जल की जलयानों के सापेक्ष विपरीत दिशा में चाल बहुत अधिक हो जाती है, फलतः वहाँ दाब बहुत कम हो जाता है तथा जलयानों के बाहर की ओर लगने वाले अधिक दाब से उत्पन्न दाबान्तर के कारण जहाज टकरा जाते हैं।

(iii) तेज आँधी आने पर टीन की छत उड़ जाती है, क्योंकि छत के ऊपर की वायु आँधी के कारण तीव्र गति से बहती है, जिससे छत के ऊपर का दाब कम हो जाता है, जबकि छत के नीचे कमरे के अन्दर की वायुदाब में कोई परिवर्तन नहीं होता है, फलतः टिन की छतें उड़कर दूर जा गिरती हैं।

(iv) जब कोई गाड़ी प्लेटफॉर्म पर तेजी से आती है, तो वहाँ पर वायु का दाब कम हो जाता हैं, अतः प्लेटफॉर्म पर उपस्थित प्रत्येक वस्तु पर दाबान्तर के कारण गाड़ी की ओर एक धक्का लगता है, जिससे सारा कूड़ा-करकट, पत्ते आदि गाड़ी की ओर तेजी से भागने लगते हैं। अतः गाड़ी आते समय प्लेटफॉर्म पर पटरी से दूर खड़ा होना चाहिए।

(v) यदि भौतिक तुला के एक पलड़े के नीचे तेजी से हवा बहाते हैं, तो पलड़े के नीचे दाब कम हो जाने से पलड़ा नीचे झुक जाता है।

स्टोक्स का नियम (Stokes' Law): द्रव की श्यानता मापने में स्टोक्स के नियम का उपयोग किया जाता है। यदि द्रव में गिरने वाले गोले की त्रिज्या r, द्रव का श्यानता गुणांक η तथा गोले का वेग v हो, तो स्टोक के नियम से गोले पर लगने वाला श्यान बल, $F=6\pi\eta rv$ इसे स्टोक्स बल कहते हैं।

अंतिम वेग $v=\frac{2}{9}\left(\frac{r^2(\rho-\sigma)g}{\eta}\right)$,

जहाँ ρ = गोले का घनत्व, σ = तरल का घनत्व

बहते द्रव का सम्पूर्ण शीर्ष : बरनौली प्रमेय के अनुसार $P+\frac{1}{2}\rho v^2+\rho gh$ = नियतांक

$$\frac{P}{\rho g}+\frac{v^2}{2g}+h = \text{नियतांक} \qquad (\rho g \text{ से भाग देने पर})$$

जहाँ $\frac{P}{\rho g}$ दाब शीर्ष, $\frac{v^2}{2g}$ वेग शीर्ष एवं h गुरुत्वीय शीर्ष कहलाता है, तथा इनका योग सम्पूर्ण शीर्ष कहलाता है।

(vii) वायुमंडलीय दाब

वायुमंडलीय दाब (Atmospheric pressure) :पृथ्वी के चारों ओर उपस्थित वायु एवं विभिन्न गैसों को वायुमंडल कहा जाता है। वायुमंडल में उपस्थित वायु हम सभी पर अत्यधिक दाब डालती है, जिसे वायुमंडलीय दाब कहा जाता है। वायुमंडलीय दाब की पहली बार गणना वॉन ग्यूरिक (Von Guericke) ने की थी। सामान्यतः वायुमंडलीय दाब वह दाब होता है, जो पारे के 76 सेंटीमीटर वाले एक स्तम्भ (Column) द्वारा 0°C पर 45° के अक्षांश पर समुद्र तल पर लगाया जाता है। यह एक वर्ग सेण्टीमीटर अनुप्रस्थ काट वाले पारे के 76 सेण्टीमीटर लम्बे स्तम्भ के भार के बराबर होता है। वायुमंडलीय दाब 10^5 न्यूटन/मीटर^2 के बराबर होता है। अर्थात् वायुमंडल हम पर हमेशा 16,000 किलोग्राम का दबाव डालता रहता है, लेकिन फिर भी हमें उसका अनुभव नहीं होता। इसका कारण है कि हमारे अन्दर खून एवं अन्य कारक अन्दर से दाब डालते हैं, जो वायुमंडलीय दाब को संतुलित करता है। पृथ्वी की सतह से ऊपर जाने पर वायुमंडलीय दाब घटता है। पृथ्वी के निकट समुद्रतल से प्रति 110 मी० की ऊँचाई चढ़ने पर वायुदाब लगभग 1 सेमी (पारा दाब) कम हो जाता है। इसके दैनिक जीवन में कई उदाहरण देखने को मिलते हैं। जैसे पहाड़ों पर खाना बनाने में कठिनाई होती है, क्योंकि वायुमंडलीय दाब घटने के कारण पानी का क्वथनांक (Boiling point) कम हो जाता है, जिससे गुप्त ऊष्मा का मान कम हो जाता है, फलस्वरूप खाना देर से पकता है। वायुयान में बैठे यात्री के फाउण्टेन पेन से स्याही का रिस जाना, अधिक ऊँचाई पर नाक से खून निकलने लगना आदि घटनाएँ वायुमंडलीय दाब में कमी होने के कारण होती है।

वायुदाब के मात्रक

1 सेमी पारा दाब	= 1.33×10^3 पास्कल
1 पास्कल	= 1 न्यूटन/मी^{2}
1 बार	= 10^5 न्यूटन/मी^{2}
1 मिलीबार	= 10^2 पास्कल
1 टौर	= 1 मिली पारा दाब = 133.8 पास्कल

वायुदाबमापी (Barometer) :वायुमंडलीय दाब को बैरोमीटर या वायुदाबमापी से मापा जाता है। टॉरीसेली के प्रयोग के आधार पर फोर्टिन ने इस यंत्र को बनाया। इसे फोर्टिन का बैरोमीटर (Fortin's Barometer) कहते हैं। यह किसी भी समय वायुमंडल के दाब की ठीक-ठीक जानकारी देता है। बैरोमीटर की सहायता से मौसम संबंधी पूर्वानुमान भी लगाया जा सकता है। बैरोमीटर का पाठ्यांक जब एकाएक नीचे गिरता है, तो आंधी आने की संभावना होती है। जब इसका पाठ्यांक धीरे-धीरे नीचे गिरता है, तो वर्षा होने की संभावना होती है, और जब पाठ्यांक धीरे-धीरे ऊपर चढ़ता है, तो दिन साफ रहने की संभावना होती है।

निर्द्रव वायुदाबमापी (Aneroid Barometer) :फोर्टिन के पारा दाबमापी की कमियों को दूर करने के लिए इस दाबमापी का निर्माण किया गया। इसमें किसी द्रव का उपयोग नहीं किया जाता है, इसीलिए इसे निर्द्रव वायुदाबमापी कहते हैं। इस वायुदाबमापी का आकार काफी छोटा होता है। इसका उपयोग कहीं भी किया जा सकता है। इसका उपयोग ऊँचाई मापने में भी किया जाता है। इस सिद्धांत पर बनने वाला ऊँचाई नापने का यंत्र तुंगतामापी (Altimeter) कहलाता है।

मानक वायुमंडलीय दाब (Standard Atmospheric Pressure) :पारे के 760 मिलीमीटर अर्थात् 76 सेमी ऊँची नली के दाब को मानक वायुमंडलीय दाब कहते हैं और यह 1 atm के बराबर होता है। 1 atm दाब पास्कल में 101292.8 Pa के बराबर होता है। किसी दिए गए ताप पर यदि पारे का घनत्व अचर हो और g का मान भी अचर हो, तो वायुमंडलीय दाब का मान पारे के स्तर की ऊँचाई के रूप में प्रदर्शित किया जाता है।

यदि बैरोमीटर में पारे के स्थान पर पानी का प्रयोग किया जाए तो पारे की 0.76 मी० की तुलना में पानी का ऊँचाई नली में 10.33 मी० होगी। ऐसा इसीलिए होता है कि बैरोमीटर में द्रव की ऊँचाई, द्रव के घनत्व का सीधा समानुपाती होती है।

6. सरल आवर्त गति

आवर्त गति (Periodic motion): जब कोई पिंड एक निश्चित समयान्तराल में एक ही निश्चित पथ पर बार-बार अपनी गति को दोहराता है, तो उसकी गति को आवर्त गति कहते हैं तथा यह निश्चित समयान्तराल आवर्त काल (Time Period) कहलाता है। एक सेकण्ड में वस्तु अपनी गति को जितनी बार दोहराती है, वह उसकी आवृति (Frequency) कहलाती है। इसका **SI मात्रक** हर्ट्ज (Hz) होता है। यदि आवृत्ति n एवं आवर्तकाल T हो, तो $n = \frac{1}{T}$ होता है।

सरल आवर्त गति (Simple Harmonic Motion): यदि कोई वस्तु एक सरल रेखा पर मध्यमान स्थिति (mean position) के इधर-उधर इस प्रकार की गति करे, कि वस्तु का त्वरण मध्यमान स्थिति से वस्तु के विस्थापन के अनुक्रमानुपाती हो तथा त्वरण की दिशा मध्यमान स्थिति की ओर हो, तो उसकी गति सरल आवर्त गति कहलाती है।

सरल आवर्त गति की विशेषताएँ :

(a) सरल आवर्त गति करने वाला कण जब अपनी मध्यमान स्थिति (mean position) से गुजरता है, तो—

(i) उस पर कोई बल कार्य नहीं करता है। (ii) उसका त्वरण शून्य होता है। (iii) वेग अधिकतम होता है। (iv) गतिज ऊर्जा (K.E.) अधिकतम होती है। (v) स्थितिज ऊर्जा (P.E.) शून्य होती है।

(b) सरल आवर्त गति करने वाला कण जब अपनी गति के अन्त बिन्दुओं (extreme or end points) से गुजरता है, तो—

(i) उसका त्वरण अधिकतम होता है। (ii) उस पर कार्य करने वाला प्रत्यानन बल (Restoring Force) अधिकतम होता है। (iii) गतिज ऊर्जा शून्य होती है। (iv) स्थितिज ऊर्जा अधिकतम होती है। (v) वेग शून्य होता है।

सरल आवर्त गति का समीकरण (Equation of Simple Harmonic Motion): यदि किसी क्षण कण की साम्य स्थिति से विस्थापन y हो, तो—

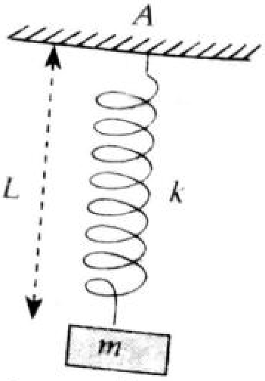
विस्थापन (Displacement), $y = A \sin \omega t$ (जहाँ A = आयाम, ω = कोणीय वेग)

वेग (Velocity), $v = \frac{du}{dt} = \omega\sqrt{A^2 - y^2}$

त्वरण (Acceleration), $a = \frac{dv}{dt} = -\omega^2 y^2$ जहाँ ऋण चिह्न बताता है, कि त्वरण विस्थापन y के विपरीत दिशा में है।

स्प्रिंग में लटके पिंड की गति (Motion of a body suspended by a string): माना कि एक हल्की स्प्रिंग जिसकी सामान्य लम्बाई L है, एक दृढ़ आधार A से लटकी हैं, (चित्र में) यदि m द्रव्यमान के पिण्ड को स्प्रिंग के निचले सिरे से लटकाकर और थोड़ा खींचकर छोड़ दिया जाए, तो वह ऊपर-नीचे दोलन करने लगता है, जिनका आवर्तकाल

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$ जहाँ k स्प्रिंग का बल नियतांक है।



अतः उपर्युक्त सूत्र से ज्ञात होता है कि किसी दिए गए पिण्ड के लिए एक कड़े स्प्रिंग (k अधिक) का आवर्त काल मुलायम स्प्रिंग की अपेक्षा कम होता है तथा किसी दिए हुए स्प्रिंग से लटकाने पर एक भारी पिंड हल्के पिण्ड की अपेक्षा धीरे-धीरे कम्पन करता है।

प्रत्यानन बल (Restoring Force): जब कण अपनी साम्य स्थिति में रहता है, तो उस पर लगने वाला बल शून्य होता है। किन्तु जब कण को साम्य स्थिति से विस्थापित कर दिया जाता है, तो उस पर एक ऐसा बल कार्य करने लगता है, जो सदैव साम्य स्थिति की ओर दिष्ट होती है।

इस बल को प्रत्यानन बल कहते है। इस बल का प्रयास सदैव यही होता है कि कण साम्य स्थिति में आ जाए। इस बल के कारण ही कण में त्वरण उत्पन्न होता है और वह दोलन करती है।

सरल लोलक (Simple Pendulum) : यदि एक भारहीन व लम्बाई में न बढ़ने वाली डोरी के निचले सिर से पदार्थ के किसी गोल परन्तु भारी कण को लटकाकर डोरी को किसी दृढ़ आधार से लटका दें, तो इस समायोजन को सरल लोलक कहते हैं। यदि लोलक (Bob) को साम्य स्थिति से थोड़ा विस्थापित करके छोड दें, तो इसकी गति सरल आवर्त गति होती है। यदि डोरी की प्रभावी लम्बाई l व गुरुत्वीय त्वरण g हो, तो सरल लोलक का आवर्त काल $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ होता हैं।

उदाहरण : (i) $T \propto \sqrt{l}$ अर्थात् लम्बाई बढ़ने पर T भी बढ़ जाता है और यदि लंबाई घट जाए तो T भी घट जाएगा। यही कारण है कि यदि कोई लड़की झूला झुलते-झुलते खड़ी हो जाए, तो उसका गुरुत्व केन्द्र ऊपर उठ जाएगा और प्रभावी लम्बाई घट जाएगी, जिससे झूले का आवर्त काल घट जाएगा। अर्थात् झूला जल्दी-जल्दी दोलन करेगा।

(ii) आवर्त काल लोलक के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है, अतः झूलने वाली लड़की की बगल में कोई दूसरी लड़की आकर बैठ जाए, तो आवर्त काल पर कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा।

(iii) $T \propto \sqrt{\frac{l}{g}}$ यानी किसी लोलक घड़ी को पृथ्वी तल से ऊपर या नीचे ले जाया जाए, तो घड़ी का आवर्तकाल (T) बढ़ जाता है, अर्थात् घड़ी सुस्त हो जाती है, क्योंकि पृथ्वी तल से ऊपर या नीचे जाने पर g का मान कम होता है।

(iv) यदि लोलक घड़ी को उपग्रह पर ले जाएँ तो वहाँ भारहीनता के कारण $g = 0$, अतः घड़ी का आवर्तकाल (T) अनन्त हो जाएगा, अतः उपग्रह में लोलक घड़ी काम नहीं करेगी।

(v) गर्मियों में लोलक की लम्बाई (l) बढ़ जाती है इसलिए उसका आवर्त काल T भी बढ़ जाता है। फलतः घड़ी सुस्त हो जाती है। सर्दियों में लम्बाई (l) कम हो जाने से आवर्त काल T भी कम हो जाती है और लोलक घड़ी तेज चलने लगती है।

(vi) चन्द्रमा पर लोलक घड़ी को ले जाने पर उसका आवर्त काल बढ़ जाएगा, क्योंकि चन्द्रमा पर g का मान पृथ्वी के g के मान का $1/6$ गुना है।

II. ध्वनि

1. तरंग गति

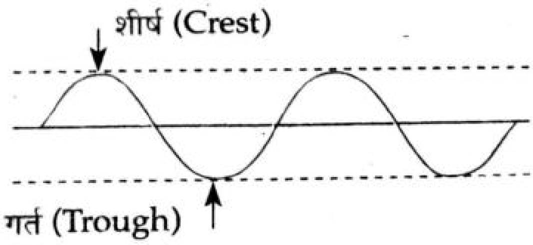
तरंगें (Waves) : तरंगों के द्वारा ऊर्जा का एक स्थान से दूसरे स्थान तक स्थानान्तरण होता है। तरंगों को मुख्यतः दो भागों में बाँटा जा सकता है—

1. यांत्रिक तरंगें (Mechanical Waves) : वे तरंगें, जो किसी पदार्थिक माध्यम (ठोस, द्रव एवं गैस) में संचरित होती है, यांत्रिक तरंगें कहलाती हैं। इन तरंगों के किसी माध्यम में संचरण के लिए यह आवश्यक है कि माध्यम में प्रत्यास्थता (Elasticity) व जड़त्व (Inertia) के गुण मौजूद हों।

यांत्रिक तरंगों के प्रकार : यह मुख्यतः दो प्रकार की होती हैं—

(i) अनुप्रस्थ तरंगें एवं (ii) अनुदैर्ध्य तरंगें

(i) अनुप्रस्थ तरंगें (Transverse Waves) : जब किसी माध्यम में तरंग गति की दिशा माध्यम के कणों के कम्पन करने की दिशा के लम्बवत् होती है, तो इस प्रकार की तरंगों को अनुप्रस्थ तरंगें कहते हैं। अनुप्रस्थ तरंगें केवल ठोस माध्यम में एवं द्रव के ऊपरी सतह पर उत्पन्न की जा सकती हैं। द्रवों के भीतर एवं गैसों में अनुप्रस्थ तरंगें उत्पन्न नहीं की जा सकती हैं। अनुप्रस्थ तरंगें शीर्ष (crest) एवं गर्त (trough) के रूप में संचरित होती हैं।



(ii) अनुदैर्ध्य तरंगें (Longitudinal Waves): जब किसी माध्यम में तरंग गति की दिशा माध्यम के कणों की कम्पन करने की दिशा के अनुदिश या समान्तर (along) होती है, तो ऐसी तरंगों को अनुदैर्ध्य तरंगें कहते हैं। अनुदैर्ध्य तरंगें सभी माध्यम में उत्पन्न की जा सकती हैं। ये तरंगें संपीडन (Compression) और विरलन (Rarefaction) के रूप में संचरित होती हैं। संपीडन वाले स्थान पर माध्यम का दाब एवं घनत्व अधिक होता है, जबकि विरलन वाले स्थान पर माध्यम का दाब एवं घनत्व कम होता है। वायु में उत्पन्न तरंगें, भूकम्प तरंगें, स्प्रिंग में उत्पन्न तरंगें आदि सभी अनुदैर्ध्य तरंगें होती हैं।

2. अयांत्रिक तरंगें या विद्युत्-चुम्बकीय तरंगें (Non-mechanical Waves or Electromagnetic Waves): यांत्रिक तरंगों के अतिरिक्त अन्य प्रकार की तरंगें भी होती हैं, जिनके संचरण के लिए माध्यम की आवश्यकता नहीं होती तथा वे तरंगें निर्वात् (Vacuum) में भी संचरित हो सकती हैं। इन्हें अयांत्रिक या विद्युत् चुम्बकीय तरंगें कहते हैं; जैसे—प्रकाश तरंगें, रेडियो तरंगें, *X*-तरंगें आदि।

विद्युत्-चुम्बकीय तरंगों में विद्युत् क्षेत्र तथा चुम्बकीय क्षेत्र परस्पर लम्बवत् तलों में कम्पन करते रहते हैं तथा रिक्त स्थान में प्रकाश की चाल से आगे बढ़ जाते हैं। इन क्षेत्रों के संचरण की दिशा उन तलों के लम्बवत् होती है जिनमें ये स्थित होते हैं। इस प्रकार विद्युत्-चुम्बकीय तरंगें सदैव अनुप्रस्थ होती हैं तथा इन तरंगों की चाल प्रकाश के चाल के बराबर होती है। इन तरंगों का तरंगदैर्घ्य परिसर (wavelength range) 10^{-14} मीटर से लेकर 10^4 मीटर तक होता है। कुछ प्रमुख विद्युत्-चुम्बकीय तरंगें सारणी में प्रदर्शित हैं।

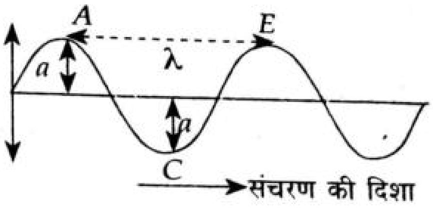
प्रमुख विद्युत्-चुम्बकीय तरंगें

विद्युत्-चुम्बकीय तरंगें	खोजकर्ता	तरंगदैर्घ्य परिसर	आवृत्ति परिसर (Hz में)	उपयोग
गामा-किरणें (γ-rays)	बैकुरल	10^{-14}m से 10^{-10}m तक	10^{20} से 10^{18} तक	इसकी वेधन क्षमता अत्यधिक होती है। उपयोग—नाभिकीय अभिक्रिया तथा कृत्रिम रेडियोधर्मिता में
एक्स-किरणें (X-rays)	रॉन्जन	10^{-10}m से 10^{-8} m तक	10^{18} से 10^{16} तक	इसका उपयोग चिकित्सा एवं औद्योगिक क्षेत्र में किया जाता है।
पराबैंगनी-किरणें (UV-rays)	रिटर	10^{-8} m से 10^{-7} m तक	10^{16} से 10^{14} तक	उपयोग—सेंकाई करने, प्रकाश-वैद्युत् प्रभाव को उत्पन्न करने, बैक्टीरिया को नष्ट करने में
दृश्य-विकिरण (Visible radiation)	न्यूटन	$3{\cdot}9\times10^{-7}$m से $7{\cdot}8\times10^{-7}$m तक	10^{14} से 10^{12} तक	इससे हमें वस्तुएँ दिखलाई पड़ती हैं।
अवरक्त विकिरण (Infra-red radiation)	हर्शेल	$7{\cdot}8\times10^{-7}$m से 10^{-3} m तक	10^{12} से 10^{10} तक	ये किरणें ऊष्मीय विकिरण हैं। ये जिस वस्तु पर पड़ती हैं, उसका ताप बढ़ जाता है। उपयोग—कुहरे में फोटोग्राफी करने में, रोगियों की सेंकाई करने में, TV के रिमोट कण्ट्रोल में
लघु रेडियो तरंगें (short radio waves)	हेनरिक हर्ट्ज	10^{-3}m से 1 m तक	10^{10} से 10^8 तक	इसका उपयोग रेडियो, टेलीविजन एवं टेलीफोन में होता है।
दीर्घ रेडियो तरंगें (long radio waves)	मारकोनी	1 m से 10^4 m तक	10^6 से 10^4 तक	इस प्रकार की तरंगों का उपयोग रेडियो एवं टेलीविजन में होता है।

तरंग गति (Wave Motion): जब हम तालाब में एक पत्थर का टुकड़ा फेंकते हैं, तो पत्थर के गिरने के स्थान पर विक्षोभ (disturbance) उत्पन्न होता है, जो तरंगों के रूप में जल के चारों ओर फैल जाता है। यह विक्षोभ तरंगों के रूप में आगे बढ़ जाता है, जबकि माध्यम के कण यानी जल के कण अपने स्थान पर तरंग गति की दिशा के लम्बवत् ऊपर-नीचे कम्पन करते रहते हैं। इस प्रकार विक्षोभ को आगे बढ़ने की प्रक्रिया को तरंग गति कहते हैं।

कम्पन की कला (Phase of Vibration): आवर्त गति में कम्पन करते हुए किसी कण की किसी क्षण पर स्थिति तथा गति की दिशा को जिस राशि द्वारा निरूपित किया जाता है, उसे उस क्षण पर उस कण के कम्पन की कला कहते हैं। अतः कम्पन की कला वह राशि है, जो कम्पन करने वाले कण के विस्थापन एवं गति की दिशा तथा अन्य सम्बन्धित राशियों को किसी विशेष क्षण पर व्यक्त करती है।

आयाम (Amplitude): दोलन करने वाली वस्तु का अपने माध्य स्थिति से महत्तम विस्थापन को दोलन का आयाम कहते हैं। तरंग द्वारा स्थानान्तरित ऊर्जा माध्यम के कणों के कम्पनों के आयाम के वर्ग के अनुक्रमानुपाती होती है। इसे a से व्यक्त किया जाता है।



आवर्त काल (Time Period): माध्यम का कम्पन करता हुआ कोई कण एक कम्पन पूरा करने में जितना समय लेता है, उसे आवर्त काल कहते हैं। इसे T से व्यक्त किया जाता है।

तरंगदैर्ध्य (Wavelength): माध्यम के किसी कण के एक पूरा कम्पन किये जाने पर तरंगें जितनी दूरी तय करती है, उसे तरंगदैर्ध्य कहते हैं। इसे ग्रीक अक्षर λ से व्यक्त किया जाता है। अनुप्रस्थ तरंगों में दो क्रमागत शृंगों अथवा गर्तों के बीच की दूरी तथा अनुदैर्ध्य तरंगों में दो क्रमागत संपीडन या विरलन के बीच की दूरी को तरंगदैर्ध्य कहते है।

आवृत्ति (Frequency): माध्यम का कम्पन करता हुआ कोई कण एक सेकण्ड में जितना कम्पन करता है, उसे आवृत्ति कहते हैं, अर्थात् $n = \frac{1}{T}$

सभी प्रकार की तरंगों में तरंग के वेग, तरंगदैर्ध्य व आवृत्ति के बीच निम्नलिखित संबंध होता है—तरंग का वेग (v) = आवृत्ति (n) × तरंगदैर्ध्य (λ)

उदाहरण : यदि किसी रेडियो स्टेशन से प्रसारित तरंगों की आवृत्ति (n) 5×10^{16} हर्ट्ज हो, तो उनकी तरंगदैर्ध्य ज्ञात कीजिए (रेडियो तरंगों की चाल 3×10^{8} मी०/से०)

$$v = n\lambda \qquad \therefore \lambda = \frac{v}{n} = \frac{3\times 10^{8}}{5\times 10^{16}} = 6\times 10^{-9} \text{ मी०}$$

2. ध्वनि तरंगें

ध्वनि (Sound): ध्वनि तरंगें अनुदैर्ध्य तरंगें होती हैं। इसकी उत्पत्ति वस्तुओं में कम्पन होने से होती है, लेकिन सब प्रकार का कम्पन ध्वनि उत्पन्न नहीं करता। जिन तरंगों की आवृत्ति लगभग 20 कम्पन प्रति सेकण्ड से 20,000 कम्पन प्रति सेकण्ड के बीच होती है, उनकी अनुभूति हमें अपने कानों द्वारा होती है और उन्हें हम सुन सकते हैं। जिन यांत्रिक तरंगों की आवृत्ति इस सीमा से कम या अधिक होती है उसके लिए हमारे कान सुग्राही नहीं हैं और हमें उनसे ध्वनि की अनुभूति नहीं होती है। अतः ध्वनि शब्द का प्रयोग केवल उन्हीं तरंगों के लिए किया जाता है, जिनकी अनुभूति हमें अपने कानों द्वारा होती है। भिन्न-भिन्न मनुष्यों के लिए ध्वनि तरंगों की आवृत्ति परिसर (Range of frequency) अलग-अलग हो सकती है।

ध्वनि तरंगों का आवृत्ति परिसर :

अवश्रव्य तरंग (Infrasonic Waves): 20 Hz से नीचे की आवृति वाली ध्वनि तरंगों को अवश्रव्य तरंगें कहते हैं। इसे मनुष्य के कान सुन नहीं सकते हैं। इस प्रकार की तरंगों को बहुत बड़े आकार के स्रोतों से उत्पन्न किया जा सकता है।

श्रव्य तरंगें (Audible Waves) : 20 Hz से 20,000 Hz के बीच की आवृत्ति वाली तरंगों को श्रव्य तरंगें कहते हैं। इन तरंगों को मनुष्य के कान सुन सकते हैं।

पराश्रव्य तरंगें (Ultrasonic Waves) : 20,000 Hz से ऊपर की तरंगों को पराश्रव्य तरंगें कहते हैं। मनुष्य के कान इसे नहीं सुन सकते हैं। परन्तु कुछ जानवर जैसे—कुत्ता, बिल्ली, चमगादड़ आदि इसे सुन सकते हैं। इन तरंगों को गाल्टन की सीटी के द्वारा तथा दाब-वैद्युत् प्रभाव की विधि द्वारा क्वार्ट्ज के क्रिस्टल के कम्पनों से उत्पन्न करते हैं। इन तरंगों की आवृत्ति बहुत ऊँची होने के कारण इसमें बहुत अधिक ऊर्जा होती है। साथ ही इनकी तरंगदैर्घ्य छोटी होने के कारण इन्हें एक पतले किरण-पुंज के रूप में बहुत दूर तक भेजा जा सकता है।

पराश्रव्य तरंगों के उपयोग :

(i) संकेत भेजने में (ii) समुद्र की गहराई का पता लगाने में (iii) कीमती कपड़ों, वायुयान तथा घड़ियों के पुर्जों को साफ करने में (iv) कल-कारखानों की चिमनियों से कालिख हटाने में (v) दूध के अन्दर के हानिकारक जीवाणुओं को नष्ट करने में (vi) गठिया रोग के उपचार एवं मस्तिष्क के ट्यूमर का पता लगाने में, आदि।

3. ध्वनि की चाल

ध्वनि की चाल : विभिन्न माध्यमों में ध्वनि की चाल भिन्न-भिन्न होती है। किसी माध्यम में ध्वनि की चाल मुख्यतः माध्यम की प्रत्यास्थता (E) तथा घनत्व (d) पर निर्भर करती है। सर्वप्रथम न्यूटन ने सैद्धान्तिक गणना के द्वारा यह सिद्ध किया कि किसी माध्यम का प्रत्यास्थता गुणांक E हो तथा घनत्व d हो, तो उस माध्यम में अनुदैर्घ्य तरंगों की चाल $v = \sqrt{E/d}$। यदि माध्यम कोई ठोस छड़ है, तो अनुदैर्घ्य तरंग की चाल $v = \sqrt{Y/d}$ जहाँ Y प्रत्यास्थता-गुणांक है और यदि माध्यम कोई द्रव अथवा गैस है, तो अनुदैर्घ्य तरंगों की चाल $v = \sqrt{B/d}$। गैसों के सम्बन्ध में न्यूटन का विचार था कि जब अनुदैर्घ्य तरंगें किसी गैस में चलती हैं, तो गैस का ताप स्थिर रहता है। अतः गैस का समतापी आयतन प्रत्यास्थता-गुणांक (Isothermal Bulk Modulus) B का मान गैस के प्रारंभिक दाब (P) के बराबर होता है। अतः न्यूटन के अनुसार, किसी गैस में ध्वनि की चाल $v = \sqrt{P/d}$। इस सूत्र से गणना करने पर हवा में ध्वनि का वेग 280 मी०/से० मिलता है, जो कि हवा में ध्वनि की चाल 332 मी०/से० से काफी कम है। इस भूल को *लाप्लस* नामक वैज्ञानिक ने सुधारा, इनके अनुसार हवा में ध्वनि की चाल $v = \sqrt{\lambda P/d}$, वायु के लिए $\lambda = 1.41$, $P = 1.013 \times 10^5\ \text{Nm}^{-2}$ तथा $d = 1.29\ \text{kgm}^{-3}$। (जहाँ $\lambda = C_p/C_v$, C_p = स्थिर दाब पर गैस की विशिष्ट ऊष्मा, C_V = स्थिर आयतन पर गैस की विशिष्ट ऊष्मा, d = गैस का घनत्व)

गैसों के सापेक्ष द्रवों में प्रत्यास्थता अधिक होती है तथा ठोसों में सबसे अधिक होती है। यही कारण है कि द्रवों में ध्वनि की चाल गैसों की अपेक्षा अधिक तथा ठोसों में सबसे अधिक होती है। वायु में ध्वनि की चाल 332 मी०/से०, जल में ध्वनि की चाल 1493 मी०/से० तथा लोहे में ध्वनि की चाल 5130 मी०/से० होती है।

कुछ माध्यमों में ध्वनि की चाल

माध्यम	ध्वनि की चाल मी०/से० (0°C पर)	माध्यम	ध्वनि की चाल मी०/से० (0°C पर)
CO_2	260	जल	1493
वायु	332	समुद्री जल	1533
भाप (100°C)	405	लोहा	5130
अल्कोहल	1213	काँच	5640
हाइड्रोजन	1269	एलुमिनियम	6420
पारा	[illegible]		

जब ध्वनि एक माध्यम से दूसरे माध्यम में जाती है, तो ध्वनि की चाल तथा तरंगदैर्ध्य बदल जाती है, जबकि आवृत्ति नहीं बदलती है। अतः किसी माध्यम में ध्वनि की चाल ध्वनि की आवृत्ति पर निर्भर नहीं करती है।

ध्वनि की चाल पर विभिन्न भौतिक राशियों का प्रभाव

दाब का प्रभाव (Effect of pressure): ताप समान होने पर गैस में ध्वनि की चाल पर दाब का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

ताप का प्रभाव (Effect of Temperature): माध्यम का ताप बढ़ने पर उसमें ध्वनि की चाल बढ़ जाती है। वायु में 1°C ताप बढ़ने पर ध्वनि की चाल 0.61 मी०/से० बढ़ जाती है।

आर्द्रता का प्रभाव (Effect of Humidity): नमीयुक्त वायु का घनत्व, शुष्क वायु के घनत्व से कम होता है, अतः आर्द्र वायु में ध्वनि की चाल बढ़ जाती है। यही कारण है कि बरसात के मौसम में सीटी की आवाज बहुत दूर तक सुनाई देती है।

माध्यम के वेग का प्रभाव (Effect of Velocity of Medium): माध्यम के वेग की दिशा में ध्वनि की चाल बढ़ जाती है तथा इसके विपरीत दिशा में घट जाती है।

नोट : *ध्वनि की चाल गैसों के घनत्व अथवा अणुभार के वर्गमूल के व्युत्क्रमानुपाती (inversely proportional) होती है।*

$$v \propto \frac{1}{\sqrt{M}}$$

यदि दो गैसों के अणुभार क्रमशः M_1 एवं M_2 तथा उनमें ध्वनि की चालें क्रमशः v_1 तथा v_2 हों, तो—

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

उदाहरण : हाइड्रोजन में ध्वनि की चाल 1260 मी०/से० है, तो ऑक्सीजन में वह कितनी होगी?

$$v_{\mathrm{H}} = 1260 \text{ मी०/से०}, \; M_{\mathrm{H}} = 2, M_{\mathrm{O}} = 32$$

$$v_O = \sqrt{\frac{M_H}{M_O}} = 1260\sqrt{\frac{2}{32}} = 1260 \times \frac{1}{4} = 315 \text{ मी०/से०}$$

4. ध्वनि के लक्षण

ध्वनि के लक्षण : ध्वनि के मुख्यतः तीन लक्षण होते हैं—(i) तीव्रता, (ii) तारत्व, (iii) गुणता

(i) तीव्रता (Intensity / Loudness): तीव्रता ध्वनि का वह लक्षण है, जिससे ध्वनि धीमी/मन्द (feeble) अथवा तीव्र/प्रबल (loud) सुनाई देती है। ध्वनि की तीव्रता एक भौतिक राशि है, जिसे शुद्धता से नापा जा सकता है। माध्यम के किसी बिन्दु पर ध्वनि की तीव्रता, उस बिन्दु पर एकांक क्षेत्रफल से प्रति सेकण्ड तल के लम्बवत् गुजरने वाली ऊर्जा के बराबर होती है। इसका SI मात्रक माइक्रोवाट/मी^{2} ($= 10^{-6}$ जूल/सेकण्ड मी^{2}) तथा प्रयोगात्मक मात्रक बेल (Bel) है। बेल के दसवें भाग को डेसीबेल (Decibel-dB) कहते हैं। ध्वनि की तीव्रता (i) ध्वनि स्रोत की शक्ति पर, (ii) श्रोता तथा स्रोत के बीच की दूरी पर तथा (iii) छत, फर्श और दीवारों पर होने वाले परावर्तनों पर निर्भर करती है। यदि ध्वनि स्रोत को बिन्दु स्रोत माना जाए तथा अवशोषण और परावर्तनों को नगण्य मान लिया जाय, तो ध्वनि की तीव्रता स्रोत से दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती (inversely proportional) होती है। इसके अतिरिक्त, ध्वनि की तीव्रता आयाम के वर्ग के अनुक्रमानुपाती, आवृत्ति के वर्ग के अनुक्रमानुपाती तथा माध्यम के घनत्व के अनुक्रमानुपाती होती है। बड़े आकार की वस्तु से उत्पन्न ध्वनि का आयाम बड़ा होता है। इसके कारण बड़े आकार की वस्तु से उत्पन्न ध्वनि की तीव्रता अधिक होती है। यही कारण है कि स्वरित्र द्विभुज

(Tunning fork) की ध्वनि हमें घण्टे की ध्वनि से धीमी सुनाई पड़ती है। वायु यदि ध्वनि की चाल की दिशा में बह रही है, तो ध्वनि की चाल एवं तीव्रता दोनों बढ़ जाती है।

ध्वनि के स्रोत	**तीव्रता (dB में)**	**ध्वनि के स्रोत**	**तीव्रता (dB में)**
साधारण बातचीत	30-40	मोटर साइकिल	110
जोर से बातचीत	50-60	साइरन	110-120
ट्रक, ट्रैक्टर	90-100	जेट विमान	140-150
आरकेस्ट्रा	100	मशीनगन	170
विद्युत् मोटर	110	मिसाइल	180

विश्व स्वास्थ्य संगठन (W.H.O.) के अनुसार 45 डेसीबल ध्वनि मानव के लिए सर्वोत्तम होती है। W.H.O ने 75 डेसीबल से ऊपर की ध्वनि को मानव स्वास्थ्य के लिए हानिकारक माना है। यों तो एक साधारण मानव ज्यादा-से-ज्यादा 130 डेसीबल तक तीव्रता वाली ध्वनि सुन सकता है; लेकिन 85 डेसीबल से अधिक ध्वनि में व्यक्ति बहरा हो सकता है और 150 डेसीबल की ध्वनि तो व्यक्ति को पागल बना सकता है।

(ii) तारत्व (Pitch) : तारत्व, ध्वनि का वह लक्षण है, जिसके कारण ध्वनि को मोटा (grave) या तीक्ष्ण (shrill) कहा जाता है। तारत्व आवृत्ति (Amplitude) पर निर्भर करता है। जैसे-जैसे ध्वनि की आवृत्ति बढ़ती जाती है, वैसे-वैसे ध्वनि का तारत्व बढ़ता जाता है तथा ध्वनि तीक्ष्ण अथवा पतली होती जाती है। बच्चों एवं स्त्रियों की पतली आवाज तारत्व अधिक होने के कारण ही होती है। पुरुषों की मोटी आवाज तारत्व कम होने के कारण होती है। चिड़ियों की आवाज, सोनोमीटर (Sonometer) के पतले तने हुए पतले तार से निकलने वाली ध्वनि, मच्छड़ों की भनभनाहट, अधिक तारत्व की ध्वनियों के उदाहरण हैं। ध्वनि के तारत्व का ध्वनि की तीव्रता से कोई संबंध नहीं होता है। अधिक प्रबल ध्वनि का तारत्व कम अथवा अधिक कुछ भी हो सकता है। जैसे—शेर की दहाड़ एक तीव्र (प्रबल) ध्वनि है, लेकिन इसका तारत्व बहुत ही कम होता है, जबकि मच्छड़ की भनभनाहट एक धीमी ध्वनि है लेकिन इसका तारत्व शेर की दहाड़ से अधिक होता है।

(iii) गुणता (Quality) : ध्वनि का वह लक्षण जिसके कारण समान तीव्रता तथा समान तारत्व की ध्वनियों में अन्तर प्रतीत होता है, गुणता कहलाता है। गुणता अधिस्वर (overtones) पर निर्भर करता है। समान तीव्रता तथा समान तारत्व की ध्वनियों में अन्तर प्रतीत होने का कारण यह है कि उन ध्वनियों में मूल स्वरक (tone) के साथ-साथ विभिन्न संख्या में संनादी (harmonics) उपस्थित रहते हैं। कोई स्वर (note) एक ही आवृत्ति का नहीं होता है। उसमें ऐसे भी स्वरक मिले होते हैं, जिनकी आवृत्तियाँ विभिन्न होती हैं। जिस आवृत्ति के स्वरक की प्रधानता रहती है, उसे मूल स्वरक (Fundamental Note) कहते हैं। बाकी स्वरकों को संनादी स्वरक (Harmonic Notes) कहते हैं, इनकी आवृत्तियाँ मूल स्वरक की दुगुनी, तिगुनी आदि होती हैं। इन संनादी स्वरकों की मात्रा की विभिन्नता के कारण स्वर का रूप बदल जाता है। इनकी संख्या तथा आपेक्षिक तीव्रता विभिन्न ध्वनियों में भिन्न-भिन्न होती है। अतः ध्वनि की गुणता संनादी स्वरों की संख्या, क्रम तथा आपेक्षिक तीव्रता पर निर्भर करती है। गुणता के भिन्नता के कारण ही हम अपने परिचितों की आवाज सुनकर पहचान लेते हैं। इसी की भिन्नता के कारण हम दो वाद्ययंत्रों से उत्पन्न समान तीव्रता एवं समान आवृति की ध्वनियों को स्पष्ट रूप से पहचान लेते हैं।

यदि एक बन्द आर्गन पाइप तथा एक खुले आर्गन पाइप से समान आवृति का मूल स्वरक उत्पन्न हो रहा हो, तो भी दोनों से उत्पन्न ध्वनियों की गुणता भिन्न-भिन्न होती है, क्योंकि बन्द पाइप से निकलने वाली ध्वनि में केवल विषम (odd) संनादी उपस्थित होते हैं, जबकि खुले पाइप

से निकलने वाली ध्वनि में सम (even) तथा विषम (odd) दोनों संनादी उपस्थित रहते हैं। स्वरक से अधिक आवृत्ति वाले संनादियों को अधिस्वरक (Overtone) कहते हैं।

स्वर अन्तराल (Musical Interval) : जब कोई वाद्ययंत्र केवल एक ही आवृत्ति की ध्वनि उत्पन्न करता है, तो उसे स्वर कहते हैं। एक साथ दो स्वरों को बजाने पर उनका प्रभाव उनकी आवृत्तियों के अन्तर पर निर्भर नहीं करता, अपितु उनके अनुपात पर निर्भर करता है। दो स्वरों की आवृत्तियों के अनुपात को स्वर अन्तराल कहते है।

5. डॉप्लर प्रभाव

डॉप्लर प्रभाव (Doppler effect) : इस प्रभाव को आस्ट्रिया के भौतिकीवेत्ता क्रिस्चियन जॉन डॉप्लर ने सन् 1842 ई० में प्रस्तुत किया था। इसके अनुसार श्रोता या स्रोत की गति के कारण किसी तरंग (ध्वनि तरंग या प्रकाश तरंग) की आवृत्ति बदली हुई प्रतीत होती है, अर्थात् जब तरंग के स्रोत और श्रोता के बीच आपेक्षिक गति होती है, तो श्रोता को तरंग की आवृत्ति बदलती हुई प्रतीत होती है। आवृत्ति बदली हुई प्रतीत होने की घटना को डॉप्लर प्रभाव कहते हैं। इसकी निम्न स्थितियाँ होती हैं—

(i) जब आपेक्षिक गति के कारण स्रोत और श्रोता के बीच की दूरी घट रही होती है, तब आवृत्ति बढ़ती हुई प्रतीत होती है।

(ii) जब आपेक्षिक गति से श्रोता तथा स्रोत के बीच दूरी बढ़ रही होती है, तब आवृत्ति घटती हुई प्रतीत होती है। ध्वनि तरंगों के लिए

$$\text{आभासी आवृत्ति} = \frac{\text{प्रेक्षक के सापेक्ष ध्वनि का वेग}}{\text{स्रोत के सापेक्ष ध्वनि का वेग}} \times \text{वास्तविक आवृत्ति}$$

डॉप्लर प्रभाव के कारण ही जब रेलगाड़ी का इंजन सीटी बजाते हुए श्रोता के निकट आता है, तो उसकी ध्वनि बड़ी तीखी (shrill), अर्थात् अधिक आवृत्ति की सुनाई पड़ती है और जैसे ही इंजन श्रोता को पार करके दूर जाने लगता है, तो ध्वनि मोटी (grave), अर्थात् कम आवृत्ति की सुनाई पड़ती है।

प्रकाश में डॉप्लर प्रभाव : प्रकाश तरंगें भी डॉप्लर प्रभाव दर्शाती हैं। ध्वनि में डॉप्लर प्रभाव असममित (asymmetric) होता है, जबकि प्रकाश में डॉप्लर प्रभाव सममित (symmetric) होता है। इसका तात्पर्य यह है कि ध्वनि में डॉप्लर प्रभाव इस बात पर निर्भर करता है कि ध्वनि स्रोत श्रोता की ओर आ रहा है या उससे दूर जा रहा है। इसके विपरीत प्रकाश में डॉप्लर प्रभाव केवल प्रकाश स्रोत व दर्शक के बीच आपेक्षिक वेग पर निर्भर करता है, इस बात पर नहीं कि स्रोत दर्शक के निकट आ रहा है या उससे दूर जा रहा है। प्रकाश के डॉप्लर प्रभाव द्वारा सुदूर तारों व गैलेक्सियों के पृथ्वी के सापेक्ष वेग तथा उनकी गति की दिशा ज्ञात की जाती है। खगोलज्ञ एडविन हब्बल (Edwin Hubble) ने डॉप्लर प्रभाव द्वारा ही यह ज्ञात किया था कि विश्व का विस्तार हो रहा है। तारे के प्रकाश के वर्णक्रम (spectrum) का अध्ययन करके प्रकाश की आवृत्ति में हुए परिवर्तन का पता लगाया जाता है। यदि कोई तारा या गैलेक्सी पृथ्वी की ओर आ रहा है तो उसे प्राप्त प्रकाश का तरंगदैर्घ्य स्पेक्ट्रम के बैंगनी सिरे की ओर विस्थापित होता है और यदि तारा या गैलेक्सी पृथ्वी से दूर जा रहा है, तो प्राप्त प्रकाश का तरंगदैर्घ्य स्पेक्ट्रम के लाल सिरे की ओर विस्थापित होता है। अर्थात् यदि स्पेक्ट्रम में प्रकाश रेखा बैंगनी सिरे की ओर विस्थापित होती है, तो प्रकाश स्रोत (तारा, गैलेक्सी) पृथ्वी की ओर आ रहा है और यदि वह लाल सिरे की ओर विस्थापित हो रहा है, तो प्रकाश स्रोत (तारा, गैलेक्सी) पृथ्वी से दूर जा रहा है।

6. ध्वनि के गुण

1. ध्वनि का परावर्तन (Reflection of Sound) : प्रकाश की भाँति ध्वनि भी एक माध्यम से चलकर दूसरे माध्यम के पृष्ठ पर टकराने पर पहले माध्यम में वापस लौट आती है। इस प्रक्रिया को ध्वनि का परावर्तन कहते है। ध्वनि का परावर्तन भी प्रकाश के परावर्तन की तरह होता है

किन्तु ध्वनि का तरंगदैर्घ्य अधिक होने के कारण इसका परावर्तन बड़े आकार के पृष्ठों से अधिक होता है, जैसे दीवारों, पहाड़ों, पृथ्वी तल आदि से।

(a) प्रतिध्वनि (Echo): जो ध्वनि किसी दृढ़ दीवार, पहाड़, गहरे कुएँ आदि से टकराने (अर्थात परावर्तित होने) के बाद सुनाई देती है, उसे प्रतिध्वनि (Echo) कहते हैं। यदि श्रोता परावर्तक सतह के बहुत निकट खड़ा है, तो उसे प्रतिध्वनि नहीं सुनाई पड़ती है। स्पष्ट प्रतिध्वनि सुनने के लिए ध्वनि के स्रोत तथा परावर्तक सतह के बीच की न्यूनतम दूरी 17 मीटर होनी चाहिए। इसका कारण यह है कि जब हमारा कान कोई ध्वनि सुनता है, तो उसका प्रभाव हमारे मस्तिष्क पर 0.1 सेकेण्ड तक रहता है, अतः यदि इस अवधि में कोई अन्य ध्वनि भी आएगी, तो वह पहली के साथ मिल जाएगी। अतः स्पष्ट प्रतिध्वनि सुनने के लिए आवश्यक है कि परावर्तक सतह श्रोता से कम-से-कम इतनी दूरी पर हो कि परावर्तित ध्वनि को उस तक पहुँचने में 0.1 सेकण्ड से अधिक समय लगे। ध्वनि द्वारा वायु में 0.1 सेकण्ड में चली गई दूरी $= 0.1 \times 332 = 33.2$ मीटर। अतः यदि हम कोई ध्वनि उत्पन्न करते हैं, तो उसकी स्पष्ट प्रतिध्वनि सुनने के लिए परावर्तक तल की दूरी कम-से-कम $33.2/2 = 16.6$ मी० (लगभग 17 मीटर) होनी चाहिए।

प्रतिध्वनि द्वारा हम समुद्र की गहराई, वायुयान की ऊँचाई, सुदूर स्थित पहाड़ की दूरी आदि की माप कर सकते हैं।

(b) अनुरणन (Reverberation): ध्वनि का हॉल की दीवारों, छतों व फर्शों से बहुल परावर्तन होता है। बहुल परावर्तन (multiple reflection) के कारण ही ध्वनि स्रोत को एकदम बन्द कर देने पर भी हॉल में ध्वनि एकदम से बन्द नहीं होती, बल्कि कुछ समय तक सुनाई देती रहती है। अतः किसी हॉल में ध्वनि-स्रोत को बन्द करने के बाद भी ध्वनि का कुछ देर तक सुनाई देना अनुरणन कहलाता है तथा वह समय जिसके दौरान यह ध्वनि सुनाई देती है, अनुरणन काल (Reverberation time) कहलाता है। अनुरणन काल का मान हॉल के आयतन तथा इसके कुल अवशोषक क्षेत्रफल पर निर्भर करता है ($T = 0.053V/A$, जहाँ $T =$ अनुरणन काल, $V =$ हॉल का आयतन, $A =$ अवशोषक क्षेत्रफल)। गणना द्वारा यह पाया गया कि यदि किसी हॉल में अनुरणन काल 0.8 सेकण्ड से अधिक है, तो वक्ता द्वारा दिए जाने वाले भाषण के शब्द व्यक्तियों को स्पष्ट रूप से सुनाई नहीं देते। दीवारों पर अवशोषक पदार्थ का क्षेत्रफल बढ़ाकर या घटाकर अनुरणन काल को समंजित (adjust) किया जा सकता है। व्याख्यान हॉल या सिनेमा हॉल में अनावश्यक अनुरणन को रोकने के लिए हॉल की दीवारें खुरदरी (rough) बनाई जाती हैं, अथवा उन्हें मोटे संरन्ध्र (porous) परदों से ढंक दिया जाता है। इससे ध्वनि अवशोषित हो जाती है और मूल ध्वनि साफ सुनाई पड़ती है। फर्श पर भी इसी उद्देश्य से कालीन बिछाई जाती है। बादलों का गर्जन भी अनुरणन का एक उदाहरण है।

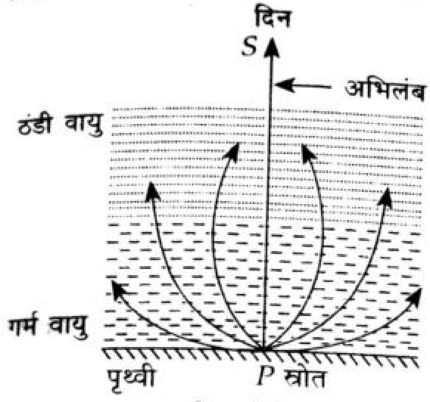
मैक संख्या एवं प्रघाती तरंगे (Mach number and Shock Waves): किसी माध्यम में किसी पिंड की चाल तथा उसी माध्यम में ताप व दाब की उन्हीं परिस्थितियों में ध्वनि की चाल के अनुपात को उस वस्तु की उस माध्यम में मैक संख्या कहते हैं, अर्थात्

$$\text{मैक संख्या} = \frac{\text{किसी माध्यम में पिंड की चाल}}{\text{उसी माध्यम में ध्वनि की चाल}}$$

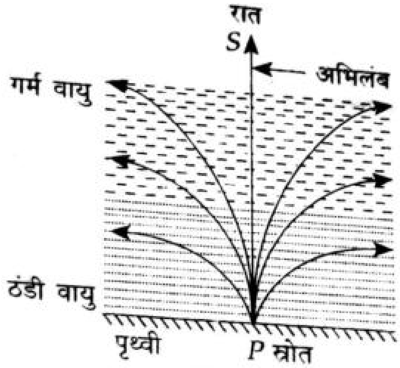
वायुयान की चाल को मैक संख्या में मापा जाता है। यदि मैक संख्या का मान 1 है, तो इसका अर्थ है पिण्ड की चाल ध्वनि की चाल के बराबर है; यदि मैक संख्या का मान 2 है, तो इसका अर्थ है पिण्ड की चाल ध्वनि की चाल का दोगुना है, आदि।

यदि मैक संख्या 1 से अधिक है, तो पिंड की चाल पराध्वनिक (Supersonic) कहलाती है। यदि मैक संख्या 5 से अधिक है, तो चाल अतिपराध्वनिक (Hypersonic) कहलाती है। जब पिंड की चाल पराध्वनिक हो जाती है, तो वह अपने पीछे माध्यम में एक शंक्वाकार विक्षोभ छोड़ता जाता है। इस विक्षोभ के संचरण को ही प्रघाती तरंग (Shock Waves) कहते हैं। जब कोई पराध्वनिक विमान किसी ऊँची इमारत के ऊपर से गुजरती है, तो उसके द्वारा उत्पन्न प्रघाती तरंगों के भवन से टकरा जाने के कारण काफी क्षति पहुँचती है।

2. ध्वनि का अपवर्तन (Refraction of Sound) : ध्वनि तरंगें एक माध्यम से दूसरे माध्यम में जाती हैं, तो उनका अपवर्तन हो जाता है, अर्थात् वे अपने पथ से विचलित हो जाती है। ध्वनि के अपवर्तन का कारण है—विभिन्न माध्यमों तथा विभिन्न तापों पर ध्वनि की चाल का भिन्न-भिन्न होना। ध्वनि के अपवर्तन के कुछ परिणाम हैं—दिन में ध्वनि का केवल ध्वनि स्रोत के पास के क्षेत्रों में ही सुनाई देना और रात्रि में दूर-दूर तक सुनाई देना।



चित्र (1)



चित्र (2)

दिन के समय सूर्य की गर्मी के कारण पृथ्वी के समीप की वायु परतों का ताप ऊपर की परतों की अपेक्षा अधिक होता है। जिसके कारण पृथ्वी के समीप की वायु की परतों का घनत्व कम होता है, अर्थात् ये परतें विरल (rare) माध्यम का कार्य करती हैं तथा जैसे-जैसे ऊपर जाते हैं ताप कम होने के कारण परतों का घनत्व अधिक होता जाता है, अर्थात् ये परतें सघन (dense) माध्यम का कार्य करती हैं। अतः पृथ्वी पर स्थित ध्वनि स्रोत P से ध्वनि तरंगें, अभिलंब PS की ओर झुकती जाती हैं (चित्र-1) तथा पृथ्वी से दूर हटती जाती हैं। फलतः पृथ्वी पर केवल P के आस-पास ही ध्वनि सुनाई देती है। इसके विपरीत रात्रि के समय पृथ्वी की सतह ठंढी होती है, जिसके कारण इसके समीप की वायु-परतों का घनत्व ऊपरवाली परतों की अपेक्षा अधिक होता है, जिससे पृथ्वी की समीप की परतें सघन माध्यम व ऊपर वाली परतें विरल माध्यम का काम करती हैं, फलस्वरूप स्रोत P से चलने वाली ध्वनि तरंगें धीरे-धीरे अभिलंब से दूर हटती जाती हैं (चित्र-2) तथा पृथ्वी पर वापस लौट जाती हैं। यही कारण है कि हमें रात्रि में या ठण्डी वाले दिनों में ध्वनि दूर तक अधिक स्पष्ट सुनाई देती है।

3. प्रणोदित कम्पन (Forced Vibration) : कम्पन करने वाली वस्तु पर यदि कोई बाह्य आवर्त बल (external periodic force) लगाया जाये जिसकी आवृत्ति वस्तु की स्वाभाविक आवृत्ति से कम्पन करने की चेष्टा करती है, किन्तु शीघ्र ही वस्तु आरोपित बल की आवृत्ति से स्थिर आयाम के कंपन करने के लिए बाध्य हो जाती है, तो बाह्य आवर्त बल के प्रभाव में वस्तु द्वारा उत्पन्न इस कम्पन को **प्रणोदित कम्पन** कहा जाता है।

(a) अनुनाद (Resonance) : अनुनाद प्रणोदित कम्पन की ही एक स्थिति है। अनुनाद में प्रणोदित कम्पनों की आवृत्ति वस्तु की स्वाभाविक आवृत्ति के बराबर होती है। अर्थात् यदि बाह्य आवर्त बल की आवृत्ति वस्तु की स्वाभाविक आवृति के बराबर हो, तब कम्पन अनुनाद (Resonance) कहलाता है। सन् 1939 ई० में संयुक्त राज्य अमेरिका का टैकोमा पुल यांत्रिक अनुनाद के कारण ही क्षतिग्रस्त हो गया था। उच्च गति की पवन पुल के ऊपर कम्पन करने लगी जो पुल की स्वाभाविक आवृत्ति के लगभग बराबर आवृत्ति की थी। इससे पुल के कम्पन अनुनाद की स्थिति में पहुँच गया, फलस्वरूप पुल के कम्पन के आयाम में लगातार वृद्धि होने के कारण पुल टूट गया। सैनिकों को पुल पार करने का प्रशिक्षण अनुनाद से बचने के लिए ही दिया जाता है। किसी पुल को कम्पन कर सकने वाला निकाय माना जा सकता है, जिसके लिए स्वाभाविक आवृति का एक निश्चित मान होगा। यदि सैनिकों के नियमित पड़ने वाले कदमों की आवृति पुल की आवृति के बराबर हो जाए, तो अनुनाद की स्थिति आ जाएगी और पुल में अधिक आयाम

के कम्पन उत्पन्न हो जाएँगे। इससे पुल टूटने का खतरा उत्पन्न हो जाएगा। इसी कारण पुल पा करते समय सैनिकों की टुकड़ी कदम मिलाकर नहीं चलती।

हमारा रेडियो भी अनुनाद के सिद्धान्त पर ही कार्य करता हैं। किसी रेडियो सेट को समस्वरित (tune) करने के लिए रेडियो की धारिता के मान को तब तक बदला जाता है, जब तक कि विद्युत् की वह आवृत्ति न प्राप्त हो जाए जितनी आवृत्ति आ रहे ध्वनि संकेत की है। एण्टीना में छोटे विभवांतर या वि० वा० बल उत्पन्न किए गए होते हैं, जो समस्वरित परिपथ के आयाम के बराबर का आयाम बना सके।

4. ध्वनि का व्यतिकरण (Interference of Sound): जब समान आवृत्ति या आयाम की दो ध्वनि-तरंगें एक साथ किसी बिन्दु पर पहुँचती हैं, तो उस बिन्दु पर ध्वनि ऊर्जा का पुनः वितरण हो जाता है। इस घटना को ध्वनि का व्यतिकरण कहते हैं।

यदि दोनों तरंगें उस बिन्दु पर एक ही कला (phase) में पहुँचती हैं, तो वहाँ ध्वनि की तीव्रता अधिकतम होती है। इसे सम्पोषी (Constructive) व्यतिकरण कहते हैं। यदि दोनों तरंगें विपरीत कला में पहुँचती हैं, तो वहाँ पर तीव्रता न्यूनतम होती है। इसे विनाशी (Destructive) व्यतिकरण कहते हैं।

5. ध्वनि का विवर्तन (Diffraction of Sound): ध्वनि का तरंगदैर्घ्य 1 मी० की कोटि का होता है। अतः जब इसी कोटि का कोई अवरोध ध्वनि के मार्ग में आता है, तो ध्वनि अवरोध के किनारे से मुड़कर आगे बढ़ जाती है। इस घटना को ध्वनि का विवर्तन कहते हैं। यही कारण है कि बाहर से आने वाली ध्वनि दरवाजों, खिड़की आदि पर मुड़कर हमारे कानों तक पहुँच जाती है।

7. वायु-स्तम्भों का कम्पन

स्वरक (Tone): सरल आवर्त गति से जो ध्वनि उत्पन्न होती है, वह स्वरक कहलाती है।

स्वर (Note): आवर्त गति से जो ध्वनि उत्पन्न होती है, वह उस ध्वनि उत्पादक का स्वर कहलाती है।

संनादी तथा **अधिस्वरक** (Harmonics and Overtones): किसी स्वर में उपस्थित अधिक आवृत्ति वाले स्वरक (tones) को अधिस्वरक (Over Tone) कहते हैं। जब अधिस्वरकों की आवृत्तियाँ मूल स्वरक की यथार्थ अपवर्त्य (exact multiple) होती है; तो ये संनादी (Harmonics) के नाम से पुकारी जाती हैं।

आर्गन पाईप (Organ pipe) : खुले आर्गन पाइप (Open End Organ Pipe) की मूल आवृत्ति $n = \frac{v}{2l}$ तथा बन्द आर्गन पाईप (Closed End Organ Pipe) की मूल आवृत्ति $n = \frac{v}{4l}$ जहाँ v = वायु में ध्वनि का वेग, l = आर्गन पाईप की लम्बाई

खुले आर्गन पाईप में सम (even) तथा विषम (odd) दोनों प्रकार के संनादी पैदा होते हैं। मूल स्वरण प्रथम संनादी प्रथम अधिस्वरक, द्वितीय संनादी, द्वितीय अधिस्वरक तृतीय संनादी ..... आदि होते है। प्रथम अधिस्वरक की आवृत्ति $n_1 = 2n$, द्वितीय अधिस्वरक की आवृत्ति $n_2 = 3n$ ...... आदि।

बन्द आर्गन पाईप में केवल विषम संनादी (odd harmonics) पैदा होते हैं। मूल स्वरण पहला संनादी पहला अधिस्वरक तृतीय संनादी और द्वितीय अधिस्वरक पंचम संनादी आदि कहलाते है। प्रथम अधिस्वरक की आवृत्ति $n_1 = 2n$, द्वितीय अधिस्वरक की आवृत्ति $n_2 = 5n$ ...... आदि।

स्वरमापी (Sonometer): यदि स्वरमापी के तार से लटकाया गया द्रव्यमान M, तार की त्रिज्या r, घनत्व d तथा दो सेतुओं के बीच की दूरी l हो, तो मूल आवृत्ति—

$$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\left(\frac{Mg}{\pi r^2 d}\right)}$$

जहाँ $\pi r^2 d$ तार की एकांक लम्बाई का द्रव्यमान m, तथा Mg तार पर तनाव T है।

III. ऊष्मा

1. ताप व ऊष्मा

ताप या तापमान (Temperature): वस्तु की उष्णता और शीतलता के माप को ताप कहते हैं। अर्थात् ताप वस्तु की ऊष्मीय अवस्था का सूचक है। इसी के कारण ऊष्मा का स्थानान्तरण होता है। ऊष्मीय ऊर्जा सदैव उच्च ताप की वस्तु से निम्न ताप की वस्तु में जाती है।

ऊष्मा (Heat): ऊष्मा एक प्रकार की ऊर्जा है, जो दो वस्तुओं के बीच उनके तापान्तर के कारण एक वस्तु से दूसरी वस्तु में स्थानान्तरित होती है। स्थानान्तरण के समय ही ऊर्जा ऊष्मा कहलाती है। वस्तु का ताप, वस्तु में ऊष्मा की मात्रा तथा वस्तु के पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करता है, जबकि किसी वस्तु में निहित ऊष्मा उस वस्तु के द्रव्यमान व ताप पर निर्भर करती है। ऊष्मा एक प्रकार की ऊर्जा है, जिसे कार्य में बदला जा सकता है। इसका प्रत्यक्ष प्रमाण सबसे पहले रमफोर्ड (Rumford) ने दिया। बाद में डेवी (Davy) ने बर्फ के दो टुकड़े को आपस में घिसकर पिघला दिया। चूँकि बर्फ को पिघलने के लिए ऊष्मा का और कोई स्रोत नहीं था, अतः यह माना गया कि बर्फ को घिसने में किया कार्य बर्फ पिघलने के लिए ली गई आवश्यक ऊष्मा में बदल गया। बाद में जूल (Joule) ने अपने प्रयोगों से इस बात की पुष्टि की कि ''ऊष्मा ऊर्जा का ही एक रूप है।'' जूल ने बताया कि जब कभी कार्य ऊष्मा में बदलता है, या ऊष्मा कार्य में बदलती है, तो किए गए कार्य व उत्पन्न ऊष्मा का अनुपात एक स्थिरांक होता है, जिसे ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक (Mechanical equivalent of Heat) कहते हैं तथा इसको J से सूचित करते हैं। यदि W कार्य करने से उत्पन्न ऊष्मा की मात्रा Q हो तो, $\frac{W}{Q} = J$ या $W = JQ$

जहाँ J का मान 4186 जूल / किलोकैलोरी या 4.186 जूल / कैलोरी या 4.186×10^7 अर्ग / कैलोरी होता है। इसका तात्पर्य हुआ कि यदि 4186 जूल का यांत्रिक कार्य किया जाए, तो उत्पन्न ऊष्मा की मात्रा 1 किलोकैलोरी होगी।

ऊष्मा के प्रभाव :

(a) भौतिक परिवर्तन : किसी वस्तु पर ऊष्मा के प्रभाव से उसके भौतिक संरचना यथा रंग-रूप, आयतन, ताप एवं अवस्था आदि में परिवर्तन होते हैं, जैसे—

(i) ताप में परिवर्तन : साधारणतः सभी वस्तुओं को गर्म करने पर उनका तापमान बढ़ता है।

(ii) आयतन में परिवर्तन : साधारणतया प्रत्येक वस्तु में ऊष्मा परिवर्तन से उसके आयतन में परिवर्तन होता है। साधारणतः ऊष्मा की मात्रा बढ़ने से उसका आयतन बढ़ता है।

(iii) अवस्था में परिवर्तन : पदार्थ की तीन अवस्थाएँ होती हैं—ठोस, द्रव एवं गैस। ये अवस्थाएँ तापमान में परिवर्तन के कारण होती हैं और ताप में परिवर्तन ऊष्मा के कारण होती है। अतः अवस्था परिवर्तन ऊष्मा के कारण होती है।

(iv) अन्य परिवर्तन : गर्म करने पर पदार्थ के रंग-रूप, पदार्थ का विद्युत् प्रतिरोध, विलायक की विलयन क्षमता आदि में परिवर्तन हो जाता है।

(b) रासायनिक परिवर्तन : पदार्थ को गर्म करने पर कुछ स्थायी परिवर्तन होते हैं, जैसे—पोटैशियम क्लोरेट और मैंगनीज डाइऑक्साइड के मिश्रण को गर्म करने पर ऑक्सीजन गैस मुक्त होकर बाहर निकलती है।

ऊष्मा के मात्रक

ऊष्मा का SI मात्रक जूल और CGS मात्रक कैलोरी है।

कैलोरी (Calorie): एक ग्राम जल का ताप 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को कैलोरी कहते हैं।

अन्तर्राष्ट्रीय कैलोरी (International Calorie): एक ग्राम जल का ताप 14.5°C से 15.5°C तक बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को अन्तर्राष्ट्रीय कैलोरी कहते हैं।

विभिन्न मात्रकों में संबंध

1 जूल = 0.24 कैलोरी
1 कैलोरी = 4.186 जूल
1 किलोकैलोरी = 4.186×10^3 जूल
= 1000 कैलोरी
1 B. Th. U. = 252 कैलोरी

ब्रिटिश थर्मल यूनिट (B. Th. U.) : एक पौंड जल का ताप 1°F बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को 1 B. Th. U. कहते हैं।

तापमापी

तापमापी (Thermometer) : ताप मापने वाले यंत्र को तापमापी कहते हैं। ताप मापन के लिए पदार्थ के किसी ऐसे गुण का प्रयोग किया जाता है, जो ताप पर निर्भर करता है; जैसे—द्रव के आयतन में प्रसार, गैस के आयतन में प्रसार, पदार्थ के विद्युत् प्रतिरोध में परिवर्तन आदि। तापमापी कई प्रकार के होते हैं; जैसे—द्रव तापमापी, गैस तापमापी, प्लैटिनम प्रतिरोध तापमापी, तापयुग्म तापमापी, पूर्ण विकिरण तापमापी (Pyrometer) आदि।

(i) द्रव तापमापी (Liquid Thermometer) : द्रव तापमापी में मुख्य रूप से ऐल्कोहॉल या पारा का प्रयोग किया जाता है। ऐल्कोहॉल का प्रयोग उन तापमापियों में किया जाता है, जो – 40°C से नीचे के ताप मापते हैं। ऐल्कोहॉल – 115°C पर जमता है। पारा – 39°C पर जमता है और 357°C पर उबलने लगता है। इसीलिए पारे का तापमापी लगभग–40°C से 350°C तक के ताप को मापने के लिए प्रयुक्त होता है।

(ii) डॉक्टरी तापमापी (Clinical Thermometer) : मानव शरीर के ताप के मापन के लिए प्रयुक्त किये जाने वाले थर्मामीटर को क्लिनिकल थर्मामीटर कहते हैं। चूँकि मानव शरीर का ताप एक छोटे परिसर (short range) के बीच बदलता (vary) रहता है इसलिए इस थर्मामीटर में न्यूनतम बिन्दु 95°F (या 35°C) तथा उच्चतम बिन्दु 110°F (या 43°C) अंकित किया जाता है।

(iii) गैस तापमापी (Gas Thermometer) : स्थिर आयतन हाइड्रोजन गैस तापमापी से 500°C तक के ताप को मापा जा सकता है। हाइड्रोजन की जगह नाइट्रोजन गैस लेने पर 1500°C तक के ताप को मापा जा सकता है।

(iv) प्लैटिनम प्रतिरोध तापमापी (Platinum Resistance Thermometer) : इसके द्वारा – 200°C से 1200°C तक के ताप मापे जाते हैं।

(v) ताप-युग्म तापमापी (Thermo-couple Thermometer) : इस प्रकार के तापमापी से – 200°C से 1600°C तक के ताप को मापा जा सकता है। ताप-युग्म तापमापी सीबेक प्रभाव पर आधारित है।

[**सीबेक प्रभाव** (Seebeck Effect) : जब दो भिन्न-भिन्न धातुओं के तारों के सिरों को जोड़कर एक बन्द परिपथ बनाते हैं तथा इस परिपथ की संधियों (junctions) को अलग-अलग तापों पर रखते हैं, तो परिपथ में धारा बहने लगती है। इसे ताप विद्युत-धारा कहते हैं तथा इस प्रभाव को सीबेक प्रभाव कहते हैं।]

(vi) पूर्ण विकिरण उत्तापमापी (Total Radiation Pyrometer) : इस तापमापी की सहायता से अत्यधिक ऊँचे एवं दूर स्थित वस्तुएँ जैसे सूर्य आदि के तापों की माप की जाती है। यह तापमापी स्टीफेन के नियम पर आधारित है, जिसके अनुसार उच्च ताप पर उसी वस्तु से उत्सर्जित विकिरण की मात्रा इसके परम ताप के चतुर्थ घात के अनुक्रमानुपाती होती है। किसी निश्चित समय में वस्तु द्वारा उत्सर्जित विकिरण ऊर्जा की माप कर वस्तु के ताप की गणना कर ली जाती है। प्रायः 800°C से ऊँचे ताप ही इस तापमापी से मापे जाते हैं, इससे नीचे के ताप नहीं। इसका कारण यह है कि 800°C से कम ताप की वस्तुएँ ऊष्मीय विकिरण उत्सर्जित नहीं करती हैं।

ताप मापन के पैमाने (Scales of Temperature Measurement) : ताप मापन के लिए हम दो बिन्दु निश्चित करते हैं। पिघलते हुए बर्फ के ताप को हिमांक (Ice Point) तथा पारे के 760 मिमी० दाब पर उबलते हुए शुद्ध जल के ताप को भाप बिन्दु (Steam Point) कहते हैं। कई प्रकार के ताप पैमाने प्रचलित रहे हैं, जैसे—सेल्सियस, फारेनहाइट, र्‌यूमर, केल्विन, रैंकाइन ताप पैमाना आदि।

(i) सेल्सियस पैमाना (Celcius Scale) : इसमें हिमांक को 0°C तथा भाप बिन्दु को 100°C अंकित किया जाता है तथा इनके बीच की दूरी को 100 बराबर भागों में बाँट दिया जाता है। प्रत्येक भाग को 1°C (1 डिग्री सेल्सियस) कहते हैं। पहले सेल्सियस पैमाने को सेण्टीग्रेड पैमाना कहा जाता था।

(ii) फारेनहाइट पैमाना (Fahrenheit Scale) : इसमें हिमांक को 32° F तथा भाप बिन्दु को 212°F अंकित किया जाता है तथा इनके बीच की दूरी को 180 बराबर भागों में बाँट दिया जाता है। प्रत्येक भाग को 1°F कहते हैं।

(iii) र्यूमर पैमाना (Reamur Scale) : इसमें हिमांक को 0°R तथा भाप बिन्दु को 80°R अंकित किया जाता है तथा इनके बीच की दूरी को 80 बराबर भागों में बाँट दिया जाता है। प्रत्येक भाग को 1°R कहते हैं। आजकल इस पैमाने का प्रयोग प्रायः समाप्त हो गया है।

(iv) केल्विन पैमाना (Kelvin Scale) : इसमें हिमांक को 273K तथा भाप बिन्दु को 373K अंकित किया जाता है और इनके बीच की दूरी को 100 बराबर भागों में बाँट दिया जाता है। प्रत्येक भाग को 1 K कहते हैं।

विभिन्न पैमानों में संबंध $\frac{C-0}{100} = \frac{F-32}{180} = \frac{R-0}{80} = \frac{K-273}{100}$

परम शून्य (Absolute Zero) : सिद्धान्त रूप में अधिकतम ताप की कोई सीमा नहीं है, परन्तु निम्नतम ताप की सीमा है। किसी भी वस्तु का ताप –273.15°C से कम नहीं हो सकता है। इसे परम शून्य ताप कहते हैं और केल्विन पैमाने पर 0K लिखते हैं।

अर्थात् $0K = -273.15°C$ एवं $273.15\ K = 0°C$

नोट : *केल्विन में व्यक्त ताप को परम ताप कहते हैं।*

विभिन्न पैमानों पर कुछ तापमान

तापमान	सेल्सियस (°C)	फारेनहाइट (°F)	केल्विन (K)
जल का जमना	0	32	273
कमरे का सामान्य ताप	27	80.6	300
मानव शरीर का सामान्य ताप	37	98.6	310
जल का उबलना	100	212	373

2. विशिष्ट ऊष्मा

विशिष्ट ऊष्मा : किसी पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा, ऊष्मा की वह मात्रा है, जो उस पदार्थ के एकांक द्रव्यमान में एकांक ताप वृद्धि उत्पन्न करती है। अर्थात् यदि पदार्थ के एक ग्राम द्रव्यमान लेकर इसका ताप एक डिग्री सेल्सियस बढ़ा दिया जाए, तो इस प्रक्रिया में दी गई ऊष्मा को पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं। स्पष्ट है कि m द्रव्यमान में θ ताप वृद्धि करने के लिए आवश्यक ऊष्मा $Q = mc\theta$ होगी, जहाँ c उस पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा है।

अर्थात्
$$c = \frac{Q}{m \times \theta}$$

अतः विशिष्ट ऊष्मा का SI मात्रक जूल किलोग्राम$^{-1}$ केल्विन$^{-1}$ होगा। 1 ग्राम जल का ताप 1°C बढ़ाने के लिए 1 कैलोरी ऊष्मा की आवश्यकता होती है। अतः जल की विशिष्ट ऊष्मा का मान 1 कैलोरी / ग्राम °C होती है। जल की विशिष्ट ऊष्मा का मान अन्य पदार्थों की तुलना में सबसे अधिक है।

कुछ पदार्थों की विशिष्ट ऊष्मा

पदार्थ	विशिष्ट ऊष्मा (कैलोरी/ ग्राम °C में)	पदार्थ	विशिष्ट ऊष्मा (कैलोरी/ ग्राम °C में)
सीसा	0.03	संगमरमर	0.21
पीतल	0.09	मैग्नीशियम	0.25
लोहा	0.11	तारपीन	0.42
कार्बन	0.17	बर्फ	0.50
बालू	0.20	ऐल्कोहॉल	0.60
ऐलुमिनियम	0.21	पानी	1

गैसों की विशिष्ट ऊष्माएँ (Specific Heat of Gases) : गैसों का आकार एवं आयतन दोनों अनिश्चित होता है। इसीलिए गैसों की दो विशिष्ट ऊष्माएँ होती हैं—

(i) नियत आयतन पर विशिष्ट ऊष्मा (Sp. Heat at Const. Volume) : इस दशा में 1 ग्राम गैस का ताप 1°C बढ़ाने के लिए जितनी ऊष्मा की आवश्यकता होती है, वह नियत आयतन पर गैस की विशिष्ट ऊष्मा होती है। यह C_V से प्रदर्शित की जाती है।

(ii) नियत दाब पर विशिष्ट ऊष्मा (Sp. Heat at Const. Pressure) : नियत दाब पर किसी गैस की विशिष्ट ऊष्मा, ऊष्मा की वह मात्रा है, जो 1 ग्राम गैस का ताप, नियत दाब पर 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक है। यह C_p से प्रदर्शित की जाती है।

C_V एवं C_p के मात्रक कैलोरी/ग्राम °C या, कैलोरी/मोल °C या, जूल/मोल °C हैं। $C_p - C_V = R$ (मेयर का सूत्र) यानी $C_p > C_V$

3. ऊष्मीय प्रसार

ऊष्मीय प्रसार (Thermal Expansion) : सामान्यतः पदार्थ को ऊष्मा देने पर पदार्थ का आयतन बढ़ता है, क्योंकि ताप बढ़ने पर पदार्थ के अणुओं के बीच दूरी बढ़ जाती है। लेकिन कुछ पदार्थ, जैसे पानी 0°C से 4°C के बीच, सिल्वर आयोडाइड 80°C से 140°C के बीच आदि का ताप बढ़ाने पर इनका संकुचन होता है। ऊष्मित किए जाने पर प्रायः सभी गैसों, बहुत से द्रवों एवं ठोसों में प्रसार होता है। परन्तु ये सभी समान रूप से प्रसार नहीं करते हैं। यदि गैस, द्रव एवं ठोस को समान ऊष्मा द्वारा ऊष्मित किया जाये, तो सबसे अधिक प्रसार गैस में होगा, उससे कम प्रसार द्रव में एवं सबसे कम प्रसार ठोस में होगा।

रेखीय प्रसार गुणांक (Co-efficient of Linear Expansion) : प्रति डिग्री सेल्सियस तापमान बढ़ने पर किसी वस्तु की इकाई लम्बाई में जो वृद्धि या प्रसार होता है, उसे रेखीय प्रसार गुणांक कहते हैं। इसका मात्रक प्रति डिग्री सेल्सियस होता है। इसे α से सूचित किया जाता है।

i.e., $\text{रेखीय प्रसार गुणांक} = \dfrac{\text{लम्बाई में वृद्धि}}{\text{मूल लम्बाई} \times \text{ताप वृद्धि}}$ या, $\alpha = \dfrac{\Delta L}{L \times \Delta\theta}$

क्षेत्रीय प्रसार गुणांक (Co-efficient of Superficial Expansion) : प्रति डिग्री सेल्सियस तापमान बढ़ने पर किसी वस्तु के इकाई क्षेत्र में जो प्रसार होता है, उसे क्षेत्रीय प्रसार गुणांक कहते है।

i.e., $\text{क्षेत्रीय प्रसार गुणांक} = \dfrac{\text{क्षेत्रफल में वृद्धि}}{\text{मूल क्षेत्रफल} \times \text{ताप वृद्धि}}$ या, $\beta = \dfrac{\Delta A}{A \times \Delta\theta}$

आयतन प्रसार गुणांक (Co-efficient of Cubical Expansion) : प्रति डिग्री सेल्सियस तापमान बढ़ने पर किसी वस्तु की इकाई आयतन में जो प्रसार होता है, उसे आयतन प्रसार गुणांक कहते हैं। इसे γ से दर्शाया जाता है।

i.e., आयतन प्रसार गुणांक $= \dfrac{\text{आयतन में वृद्धि}}{\text{मूल आयतन} \times \text{ताप वृद्धि}}$ या, $\gamma = \dfrac{\Delta V}{V \times \Delta\theta}$

रेखीय, क्षेत्रीय एवं आयतन प्रसार गुणांक में संबंध : $\alpha = \dfrac{\beta}{2} = \dfrac{\gamma}{3}$

या, $\beta = 2\alpha, \gamma = 3\alpha$ या, $\alpha : \beta : \gamma :: 1 : 2 : 3$

जल का असामान्य प्रसार (Anomalous Expansion of Water): प्रायः सभी द्रव गर्म किए जाने पर आयतन में बढ़ते हैं, परन्तु जल 0°C से 4°C तक गर्म करने पर आयतन में घटता है तथा 4°C के बाद बढ़ना आरंभ करता है। इसे ही जल का असामान्य प्रसार कहते हैं। चूँकि जल 4°C के बाद गरम करने पर बढ़ना शुरू करता है इसका अर्थ यह है कि जल का घनत्त्व 4°C पर सबसे अधिक होता है। जल के असामान्य प्रसार का दैनिक जीवन पर प्रभाव (i) ठण्डे देशों में तालाबों के जम जाने पर भी उनमें मछलियाँ जीवित रहती हैं— ठण्डे देशों में तालाबों के जम जाने पर भी उनमें मछलियाँ जीवित रहती हैं, क्योंकि जल के जमने की क्रिया ऊपर से नीचे की ओर होती है। इस कारण तालाब का ऊपरी भाग जम जाता है और नीचे वाला भाग 4°C पर जल की अवस्था में रहता है, जिससे मछलियाँ उसमें जीवित रहती हैं। (ii) जाड़े की रातों में पाइप फट जाते हैं—पानी के असामान्य प्रसार के कारण जाड़े की रातों में पाइप फट जाते हैं। अधिकतर द्रव जब ठोस रूप ग्रहण करते हैं तो वे सिकुड़ जाते हैं, किन्तु पानी के साथ स्थिति इसके विपरीत है। पानी जमने के बाद सिकुड़ने की बजाय फैल जाता है। यदि पानी 9 लीटर हो तो वह जमने के बाद 10 लीटर ठोस बर्फ में बदल जाता है। इस प्रकार स्पष्ट है कि बर्फ बनने पर पानी का आयतन बढ़ जाता है जिसके फलस्वरूप पाइप में आंतरिक दबाब सीमा से अधिक हो जाता है और पाइप फट जाता है।

4. ऊष्मा का संचरण

ऊष्मा का संचरण (Transmission of Heat): ऊष्मा को एक स्थान से दूसरे स्थान जाने को ऊष्मा का संचरण कहते हैं। इसकी तीन विधियाँ है—चालन, संवहन एवं विकिरण।

1. चालन (Conduction): जब बिना स्थान परिवर्तन किए ही पदार्थ के तप्त कण अपनी ऊष्मा अपने बगल वाले कणों को दे देते हैं और पूरी वस्तु गर्म हो जाती है तो ऊष्मा के संचरण की इस विधि को चालन कहते हैं। अर्थात् इस विधि से ऊष्मा के संचरण के लिए माध्यम की आवश्यकता होती है, परन्तु माध्यम के तप्त कणों का स्थान परिवर्तन नहीं होता है। ठोस पदार्थों के अणु एक स्थान से दूसरे स्थान पर जाने के लिए स्वतंत्र नहीं होते हैं, इसलिए ठोस में ऊष्मा का संचरण इसी विधि से होता है। द्रवों व गैसों में ऊष्मा का संचरण चालन द्वारा बहुत कम होता है। ठोसों तथा पारे में ऊष्मा का संचरण केवल चालन द्वारा होता है। पदार्थ में चालन द्वारा ऊष्मा का संचरण ऊष्मा चालकता (Thermal Conductivity) कहलाती है। ऊष्मा चालकता पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करती है तथा जिन पदार्थों में ऊष्मा का चालन जितना अधिक होता है, उनकी ऊष्मा चालकता भी उतनी ही अधिक होती है। ऊष्मा की चालकता के आधार पर हम पदार्थों का वर्गीकरण निम्न प्रकार से कर सकते हैं—

(i) चालक (Conductor): जिन पदार्थों से होकर ऊष्मा का चालन सरलता से हो जाता है, उन्हें **चालक** कहते हैं। ऐसे पदार्थों की ऊष्मा चालकता अधिक होती है। सभी धातु, अम्लीय जल, मानव शरीर आदि ऊष्मा के अच्छे चालक हैं।

(ii) कुचालक (Bad Conductor): जिन पदार्थों से ऊष्मा का चालन सरलता से नहीं होता या बहुत कम होता है, उन्हें कुचालक कहते हैं। लकड़ी, काँच, वायु, गैसें, सिलिका, कपड़ा, ऊन, रबर आदि ऊष्मा के कुचालक पदार्थ हैं। बुरे चालक अच्छे रोधी/रोधक होते हैं (Bad conductors are good insulators)। कपड़ा, ऊन आदि के अच्छे रोधी गुणों (good insulating properties) का कारण उनके रेशों के बीच फँसी हवा होती है।

(iii) ऊष्मारोधी (Thermal Insulator): जिन पदार्थों से ऊष्मा का चालन बिल्कुल नहीं होता, उन्हें ऊष्मारोधी पदार्थ कहते हैं। जैसे—एबोनाइट, ऐस्बेस्टस आदि।

yoursmahbood.wordpress.com

2. संवहन (Convection) : गैसों एवं द्रवों में ऊष्मा का संचरण संवहन के द्वारा ही होता है। ठोसों में संवहन विधि द्वारा ऊष्मा का संचरण संभव नहीं है। इस विधि में द्रव एवं गैस के कण गरम भाग से ऊष्मा लेकर स्वयं हल्के होकर ऊपर उठते हैं तथा ठण्डे भाग की ओर जाते हैं। इनका स्थान लेने के लिए पुनः ठण्डे भाग से कण नीचे आते हैं। इस प्रकार, संवहन विधि में ऊर्ध्वाधरतः तापान्तर होने पर ऊष्मा का प्रवाह नीचे से ऊपर की ओर माध्यम के घनत्व में परिवर्तन होने के कारण संवहन धाराओं द्वारा होता है।

नोट : *पृथ्वी का वायुमंडल संवहन विधि से ही गर्म होता है।*

3. विकिरण (Radiation) : विकिरण में ऊष्मा के संचरण के लिए किसी माध्यम की आवश्यकता नहीं होती है। इसके द्वारा ऊष्मा का संचरण निर्वात् (Vaccum) में भी होता है। इस विधि में ऊष्मा, गरम वस्तु से ठण्डी वस्तु की ओर बिना किसी माध्यम की सहायता के तथा बिना माध्यम को गरम किए प्रकाश की वेग से सीधी रेखा में संचरित होती है। विकिरण में ऊष्मा, तरंगों के रूप में चलती है, जिन्हें **विद्युत्-चुम्बकीय तरंगें** (Electro-magnetic Waves) कहते हैं। जैसे—पृथ्वी तक सूर्य की ऊष्मा विकिरण विधि से पहुँचती है।

ऊष्मा संचरण का दैनिक जीवन में उपयोग

(A) दैनिक जीवन में चालन से संबंधित उपयोग

(i) एस्किमों लोग बर्फ की दोहरी दीवारों के मकान में रहते हैं : इसका कारण यह है कि बर्फ की दोहरी दीवारों के मध्य हवा की परत होती है जो ऊष्मा की कुचालक होती है, जिससे अन्दर की ऊष्मा बाहर नहीं जा पाती है, फलस्वरूप कमरे का ताप बाहर की अपेक्षा अधिक बना रहता है।

(ii) शीत ऋतु में लकड़ी एवं लोहे की कुर्सियाँ एक ही ताप पर होती हैं, परन्तु लोहे की कुर्सी छूने पर लकड़ी की अपेक्षा अधिक ठण्डी लगती है : शीत ऋतु में शरीर का ताप कमरे के ताप से अधिक होता है। लोहा ऊष्मा का सुचालक और लकड़ी ऊष्मा का कुचालक होता है। अतः जब हम लोहे की कुर्सी को छूते हैं, तो हमारे हाथ से ऊष्मा तापान्तर के कारण लोहे की कुर्सी में शीघ्रता से प्रवाहित होने लगती है। जबकि लकड़ी की कुर्सी में ऐसा नहीं होता। इसीलिए लोहे की कुर्सी छूने पर लकड़ी की अपेक्षा अधिक ठण्डी लगती है।

(iii) धातु के प्याले में चाय पीना कठिन है, जबकि चीनी मिट्टी के प्याले में चाय पीना आसान है : धातु ऊष्मा का सुचालक होता है, इसके कारण चाय की ऊष्मा से धातु के प्याले गर्म हो जाते है, जिससे होठ जलने लगते हैं और चाय पीना कठिन हो जाता है। चीनी मिट्टी का ऊष्मा के कुचालक होने के कारण ऐसा नहीं होता है।

(B) दैनिक जीवन में संवहन से संबंधित उपयोग

(i) समुद्री हवाएँ (Sea Breeze) **तथा स्थलीय हवाएँ** (Land Breeze) : दिन के समय सूर्य की गर्मी से जल की अपेक्षा स्थल जल्दी गर्म हो जाता है, जिससे स्थल की हवाएँ ऊपर उठती हैं तथा उनका स्थान लेने के लिए समुद्र की ओर से ठण्डी हवाएँ स्थल की ओर बहने लगती हैं। इन हवाओं को **समुद्री हवाएँ** कहते हैं। रात में स्थल, जल की अपेक्षा जल्दी ठण्डा हो जाता है। इसीलिए समुद्र के जल के सम्पर्क से गर्म हवाएँ ऊपर उठती हैं तथा इनका स्थान लेने के लिए स्थल से समुद्र की ओर हवाएँ चलने लगती हैं, इन्हें **स्थलीय हवाएँ** कहते हैं।

(ii) रेफ्रिजरेटर में फ्रीजर पेटिका को ऊपर रखा जाता है : इसका कारण यह है कि नीचे की गरम वायु हल्की होने के कारण ऊपर उठती है तथा फ्रीजर पेटिका से टकराकर ठण्डी हो जाती है। ऊपर की ठण्डी वायु भारी होने के कारण नीचे आती है तथा रेफ्रिजरेटर में रखी वस्तुओं को ठण्डा कर देती है।

(iii) बिजली के बल्वों में निष्क्रिय गैसों का भरा जाना : बिजली के बल्वों में निर्वात् के स्थान पर निष्क्रिय गैस (जैसे—आर्गन) भरी जाती हैं। इसका कारण यह है कि बल्व में निष्क्रिय गैस भरने से तन्तु की ऊष्मा संवहन धाराओं द्वारा चारों ओर फैल जाती है, जिससे तन्तु का ताप उसके गलनांक तक नहीं बढ़ पाता है। ऐसा नहीं करने पर बल्व का ताप तन्तु के गलनांक तक बढ़ जाएगा जिससे तन्तु पिघल जाएगी।

(C) दैनिक जीवन में विकिरण से संबंधित उपयोग

(i) बादलों वाली रात, स्वच्छ आकाश वाली रात की अपेक्षा गरम होती है : स्वच्छ आकाश वाली रात में पृथ्वी द्वारा छोड़ी गयी विकिरण की ऊष्मा आकाश की ओर चली जाती है। बादल ऊष्मा के बुरे अवशोषक होते हैं अतः बादलों वाली रात में पृथ्वी द्वारा छोड़ी गयी विकिरण की ऊष्मा आकाश की ओर जाने के बजाय पृथ्वी की ओर लौट जाती है, जिससे पृथ्वी गरम बनी रहती है।

(ii) रेगिस्तान दिन में बहुत गरम तथा रात में बहुत ठण्डे हो जाते हैं : रेत ऊष्मा का अच्छा अवशोषक है और हम जानते हैं कि ऊष्मा का अच्छा अवशोषक ही ऊष्मा का अच्छा उत्सर्जक होता है। अतः दिन में सूर्य की ऊष्मा को अवशोषित करके रेत गर्म हो जाती है वही रात में वह अपनी ऊष्मा को विकिरण द्वारा खोकर ठण्डी हो जाती है।

(iii) चाय की केतली की बाहरी सतह चमकदार बनायी जाती है : चमकदार सतह न तो बाहर से ऊष्मा का अवशोषण करती है और न भीतर की ऊष्मा बाहर जाने देती है। अतः चाय देर तक गरम बनी रहती है।

(iv) पॉलिश किए हुए जूते धूप से शीघ्र गरम नहीं होते क्योंकि वे अपने ऊपर गिरने वाली ऊष्मा का अधिकांश भाग परावर्तित कर देते हैं।

5. न्यूटन का शीतलन नियम

न्यूटन का शीतलन नियम (Newton's law of cooling) **:** इस नियम के अनुसार किसी वस्तु में विकिरण द्वारा ऊष्मा क्षय होने की दर उस वस्तु और वातावरण के तापमान के अन्तर का समानुपाती होता है। अर्थात् वस्तु की ऊष्मा हानि की दर $\propto$ तापान्तर। अतः एक गर्म वस्तु द्वारा 90° C से 80°C तक ठंढा होने में लगा समय उसके 40°C से 30°C तक ठंढा होने में लगे समय से कम होगा।

नोट : *विकिरण द्वारा किसी वस्तु से क्षय होने वाली ऊष्मा की दर वस्तु और उसके आस-पास के वातावरण के तापान्तर के साथ-साथ वस्तु के पृष्ठ की प्रकृति और पृष्ठ क्षेत्रफल पर भी निर्भर करता है।*

6. विकिरण का उत्सर्जन व अवशोषण

उत्सर्जन क्षमता (Emissive power) **:** वस्तु के प्रति एकांक पृष्ठ से प्रति एकांक समय में उत्सर्जित विकिरण ऊर्जा की मात्रा को उस वस्तु की उत्सर्जन क्षमता कहते हैं। चमकदार तथा श्वेत तल से ऊष्मा का उत्सर्जन बहुत कम होता है।

कृष्ण-पिण्ड (Black Body) **:** जो वस्तु अपने पृष्ठ पर आपतित सम्पूर्ण विकिरण को पूर्णतः अवशोषित कर लेती है, उसे कृष्ण-पिण्ड कहते हैं। काली वस्तु ऊष्मा का अच्छा अवशोषक होती है। इसीलिए सर्दियों में काले एवं गहरे रंग के कपड़े पहने जाते हैं। सफेद कपड़े ऊष्मा के बुरे अवशोषक होते हैं, इसीलिए उन्हें गर्मियों में पहना जाता है।

किरचौफ का नियम (Kirchhoff's Law) **:** इसके अनुसार 'अच्छे अवशोषक ही अच्छे उत्सर्जक होते हैं (Good absorbers are good emitters)।' अंधेरे कमरे में एक काली और एक सफेद वस्तु को समान ताप पर गरम करके रखा जाए, तो काली वस्तु अधिक विकिरण उत्सर्जित करेगी। अतः काली वस्तु अंधेरे कमरे में अधिक चमकेगी। हमारे दैनिक जीवन में प्रयोग में लाये जाने वाले कई बर्तन किरचॉफ के नियम के अनुसार बनते हैं। जैसे—थरमस के बाहरी एवं भीतरी दोनों सतहों को चमकदार बनाया जाता है, क्योंकि सफेद एवं चमकदार सतह ऊष्मा की बुरी अवशोषक होती है, अतः वह बुरी उत्सर्जक भी होती है, फलस्वरूप ऊष्मा की हानि कम होती है। चाय के प्याले की सतह भी चमकदार एवं सफेद इसी कारण से बनायी जाती है।

नोट : *यदि श्वेत प्रकाश के सात रंगों में लाल रंग को निकाल दिया जाए, तो शेष रंगों का सम्मिलित प्रभाव हरे रंग जैसा होता है, अतः किरचॉफ के नियमानुसार, लाल रंग की वस्तु गरम होने पर हरा प्रकाश उत्सर्जित करेगी। इसीलिए लाल काँच की गेंद को गरम करके अंधेरे कमरे में रखा जाय, तो वह हरी दिखाई देती है और हरे काँच की पर्याप्त रूप से गरम गेंद लाल दिखाई देगी।*

स्टीफन का नियम (Stefan's law) : किसी वस्तु की इकाई तल से उत्सर्जित विकिरण ऊर्जा की दर E उसके परम ताप T के चौथे घात के अनुक्रमानुपाती होती है। $E \propto T^4$ या

$E = \sigma T^4$ जहाँ σ एक नियतांक है, जिसे स्टीफन नियतांक (Stefan Constant) कहते हैं।

7. गैसों का प्रसार

गैसों का गतिज सिद्धान्त (Kinetic Theory of gases) : गैसों के व्यवहार का सैद्धान्तिक अध्ययन सबसे पहले सन् 1738 ई० में जेम्स बरनौली ने किया था। उसके बाद सन् 1860 से 1890 के बीच बोल्ट्मान, मैक्सवेल, क्लॉसियस आदि ने भी गैसों के विभिन्न मॉडल प्रस्तुत किए। इन सबों के प्रयासों के परिणामस्वरूप गैसों का एक व्यापक सिद्धान्त उभरकर सामने आया जिसे गैसों का गतिक सिद्धान्त (Kinetic theory of gases) कहते हैं। इस सिद्धान्त के मुख्य परिणाम निम्नलिखित हैं—

(i) प्रत्येक गैस एक समान द्रव्यमान व आयतन वाले सूक्ष्म कणों से बनी होती है, जिन्हें अणु (Molecule) कहते हैं।

(ii) गैसों के अणु गोलीय होते हैं तथा पूर्णतः प्रत्यास्थ होते हैं। अतः परस्पर टकराने के बाद भी उनकी ऊर्जा में कोई कमी नहीं आती है।

(iii) गैस के अणु लगातार पात्र की दीवारों से टकराते रहते हैं, जिससे पात्र की दीवारों पर दाब उत्पन्न होता है। इसे ही गैसीय दाब कहते हैं।

(iv) गैस की अणुओं में परस्पर आकर्षण एवं विकर्षण नहीं होता है। अतः गैस के अणुओं की स्थितिज ऊर्जा शून्य होती है।

(v) गैस के अणुओं की गतिज ऊर्जा गैस के परम ताप के अनुक्रमानुपाती होती है।

(vi) गैसीय अणुओं का वास्तविक आयतन गैस के सम्पूर्ण आयतन की तुलना में नगण्य होता है।

8. अवस्था परिवर्तन व गुप्त ऊष्मा

(A) अवस्था परिवर्तन (Change in State) : किसी पदार्थ का एक निश्चित ताप पर एक अवस्था से दूसरी अवस्था अर्थात् ठोस से द्रव या द्रव से गैस या द्रव से ठोस या गैस से द्रव में परिवर्तित होना अवस्था परिवर्तन कहलाता है। चूँकि अवस्था परिवर्तन में पदार्थ का ताप नहीं बदलता है, अतः पदार्थ के अणुओं की माध्य गतिज ऊर्जा नहीं बदलती है, लेकिन अणुओं की आन्तरिक स्थितिज ऊर्जा बदल जाती है।

(i) गलनांक (Melting Point) : निश्चित ताप पर ठोस का द्रव में बदलना गलन कहलाता है तथा इस निश्चित ताप को ठोस का गलनांक (Melting Point) कहते हैं।

गलनांक पर दाब का प्रभाव : वे पदार्थ जो पिघलने पर संकुचित (contract) होते हैं उन पर दाब बढ़ाने से उनका गलनांक कम हो जाता है, जैसे—बर्फ, ढलवा लोहा, बिस्मथ आदि तथा वे पदार्थ जो पिघलने पर प्रसारित (expand) होते हैं, उन पर दाब बढ़ाने से उनका गलनांक बढ़ जाता है।

गलनांक पर अशुद्धि का प्रभाव : सामान्यतः अशुद्धि (impurity) मिलाने से गलनांक कम हो जाता है। जैसे 0°C पर पिघलती बर्फ में कुछ नमक, शोरा आदि मिलाने से बर्फ का गलनांक 0°C

से घटकर –22°C तक कम हो जाता है। इस मिश्रण को हिम मिश्रण (Freezing Mixture) कहते हैं। इस मिश्रण का उपयोग कुल्फी, आइसक्रीम आदि बनाने में किया जाता है।

(ii) हिमांक (Freezing Point) : निश्चित ताप पर द्रव का ठोस में बदलना हिमीकरण कहलाता है तथा इस निश्चित ताप को द्रव का **हिमांक** कहते हैं। प्रायः गलनांक एवं हिमांक बराबर होते हैं।

(iii) क्वथनांक (Boiling Point) : निश्चित ताप पर द्रव का वाष्प या गैस में बदलना वाष्पण कहलाता है तथा इस निश्चित ताप को द्रव का **क्वथनांक** कहते है।

क्वथनांक पर दाब का प्रभाव : दाब बढ़ाने से द्रव का क्वथनांक बढ़ता है।

क्वथनांक पर अशुद्धि का प्रभाव : अशुद्धि मिलाने से भी द्रव का क्वथनांक बढ़ता है।

(iv) संघनन बिन्दु (Condensation Point) : निश्चित ताप पर वाष्प का द्रव में बदलना **संघनन** कहलाता है तथा इस निश्चित ताप को **संघनन बिन्दु** कहते हैं। प्रायः क्वथनांक एवं संघनन बिन्दु समान होते हैं।

(B) गुप्त ऊष्मा (Latent Heat) : नियत ताप पर पदार्थ की अवस्था परिवर्तन के लिए ऊष्मा की आवश्यकता होती है, इसे ही पदार्थ की **गुप्त ऊष्मा** कहते हैं। इसे जूल/किलोग्राम या कैलोरी/ग्राम में मापा जाता है।

गलन की गुप्त ऊष्मा (Latent heat of Fusion or Melting) : नियत ताप पर ठोस के एकांक द्रव्यमान को द्रव में बदलने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को ठोस की **गलन की गुप्त ऊष्मा** कहते है। 0°C पर 1 ग्राम बर्फ को 0°C पर पानी में बदलने के लिए 80 कैलोरी ऊष्मा की आवश्यकता होती है। अतः बर्फ के गलन की गुप्त ऊष्मा का मान 80 कैलोरी प्रति ग्राम है।

वाष्पण की गुप्त ऊष्मा (Latent heat of Vaporisation) : नियत ताप पर द्रव के एकांक द्रव्यमान को वाष्प में बदलने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को द्रव की **वाष्पण की गुप्त ऊष्मा** कहते हैं। जल के लिए वाष्पण की गुप्त ऊष्मा का मान 540 कैलोरी/ग्राम या 2,260,000 जूल/किग्रा० होता है।

गुप्त ऊष्मा को प्रायः अक्षर L द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। यदि पदार्थ की गुप्त ऊष्मा L है, तो पदार्थ के m द्रव्यमान की अवस्था परिवर्तन के लिए आवश्यक ऊष्मा $Q = mL$ होगा।

उबलते जल की अपेक्षा भाप से जलने पर अधिक कष्ट होता है, यद्यपि दोनों का ताप 100°C ही होता है : 100°C के जल की अपेक्षा 100°C के भाप की गुप्त ऊष्मा का मान अधिक होता है, इसलिए जल की अपेक्षा भाप से जलने पर अधिक कष्ट होता है।

9. वाष्पीकरण

वाष्पीकरण (Evaporation) : द्रव की खुली सतह से प्रत्येक ताप पर धीरे-धीरे द्रव का वाष्प में बदलना **वाष्पीकरण** कहलाता है। वाष्पीकरण के लिए द्रव को ऊष्मा की आवश्यकता होती है, यह ऊष्मा द्रव अपने अन्दर से ही प्राप्त करता है, अतः द्रव ठण्डा हो जाता है। आम जीवन में इसके कई उदाहरण देखने को मिलते हैं, जैसे—हमारे शरीर में पसीना जब सूखता है, तो हमें ठण्डक महसूस होती है, क्योंकि पसीना सूखने यानी वाष्पीकरण के लिए ऊष्मा शरीर से ग्रहण होता है अतः शरीर ठण्डा हो जाता है। वाष्पीकरण के कारण ही कूलर ठण्ड उत्पन्न करता है एवं सुराही का पानी ठण्डा हो जाता है।

वाष्पण की दर निम्नलिखित कारकों पर निर्भर करती है—

(i) द्रव का ताप : ताप बढ़ने पर वाष्पीकरण की दर बढ़ जाती है।

(ii) द्रव की खुली सतह का क्षेत्रफल : द्रव की खुली सतह का क्षेत्रफल बढ़ जाने से वाष्पीकरण की दर बढ़ जाती है।

(iii) वाष्प निकासी दर (Rate of Removal of Vapour) : वाष्पीकरण से द्रव की वाष्प उसकी सतह के ऊपर ही जमा होती रहती है, यदि इसे वहाँ से हटाते रहें, तो वाष्पन की दर बढ़ जाती है। यही कारण है कि पंखे की हवा में गीले कपड़े शीघ्र सूख जाते हैं।

प्रशीतक (Refrigerator) : प्रशीतक में भी वाष्पीकरण के द्वारा ठंडक उत्पन्न की जाती है। ताँबे की एक वाष्पक कुण्डली में द्रव फ्रीऑन भरा रहता है, जो वाष्पीकृत होकर ठण्डक उत्पन्न करती है।

10. आपेक्षिक आर्द्रता

आर्द्रता (Humidity) : वायुमंडल में जलवाष्प (water vapour) की उपस्थिति को आर्द्रता कहते हैं। वायु में उपस्थित जलवाष्प की यह मात्रा प्रत्येक स्थान पर समान नहीं होती। प्रायः समुद्रतटीय स्थान में जलवाष्प की मात्रा यानी आर्द्रता अधिक होती है। वर्षा ऋतु में भी आर्द्रता बढ़ जाती है।

आपेक्षिक आर्द्रता (Relative Humidity) : किसी दिए हुए ताप पर वायु के किसी आयतन में उपस्थित जलवाष्प की मात्रा तथा उसी ताप पर उसी आयतन की वायु को संतृप्त करने के लिए आवश्यक जलवाष्प की मात्रा के अनुपात को आपेक्षिक आर्द्रता कहते हैं। आपेक्षिक आर्द्रता को प्रतिशत में व्यक्त करते हैं। अर्थात् आपेक्षिक आर्द्रता

$$= \frac{\text{किसी ताप पर वायु के किसी आयतन में जलवाष्प की मात्रा}}{\text{उसी ताप पर उसी आयतन की वायु को संतृप्त करने के लिए आवश्यक जलवाष्प की मात्रा}} \times 100$$

आपेक्षिक आर्द्रता को मापने के लिए हाइग्रोमीटर (Hygrometer) नामक यंत्र का इस्तेमाल किया जाता है। ताप बढ़ने पर आपेक्षिक आर्द्रता बढ़ जाती है।

नोट : *संतृप्त अवस्था* *(Saturated State): किसी दिए गए ताप पर वायु जलवाष्प की एक निश्चित मात्रा ही ग्रहण कर सकती है। इस अवस्था को वायु की संतृप्त अवस्था कहते हैं।*

वातानुकूलन (Air-conditioning) : पृथ्वी पर किसी स्थान की जलवायु वहाँ के ताप, आपेक्षिक आर्द्रता तथा वायु बहने की दिशा से निर्धारित होती है। सामान्यतः मनुष्य के स्वास्थ्य के अनुकूल जलवायु के लिए निम्न परिस्थितियाँ होनी चाहिए—

(i) ताप : 23°C से 25°C
(ii) आपेक्षिक आर्द्रता : 60% से 65%
(iii) वायु की गति : 0.0125 मी०/से० से 0.0416 मी०/से० तक

यदि किसी स्थान की जलवायु उपर्युक्त परिस्थितियों के अनुसार नहीं होती, तो वह जलवायु मनुष्य के लिए आरामदेह व स्वास्थ्यकर नहीं होती; अतः इसको अनुकूल बनाने के लिए इन बाह्य परिस्थितियों को कृत्रिम रूप से निर्धारित व नियंत्रित करने की प्रक्रिया को ही वातानुकूलन कहते हैं।

11. ऊष्मागतिकी

ऊष्मागतिकी (Thermodynamics) : ऊष्मागतिकी भौतिकी की वह शाखा है, जिसके अन्तर्गत ऊष्मीय ऊर्जा का यांत्रिक ऊर्जा, रासायनिक ऊर्जा, विद्युत ऊर्जा आदि के साथ सम्बन्ध के बारे में अध्ययन किया जाता है।

ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम (First Law of Thermodynamics) : इस नियम को ऊर्जा संरक्षण का नियम (The Law of Conservation of Energy) भी कहते हैं। इस नियम के अनुसार किसी निकाय (system) को दी जाने वाली ऊष्मा दो प्रकार के कार्यों में खर्च होती है—

(i) निकाय की आन्तरिक ऊर्जा वृद्धि करने में, जिससे निकाय का ताप बढ़ता है।
(ii) बाह्य कार्य करने में।

यदि किसी निकाय को Q ऊष्मा दी जाय, तो उष्मागतिकी के प्रथम नियमानुसार—

$$Q = \Delta U + W$$

जहाँ ΔU = आन्तरिक ऊर्जा में वृद्धि, W = निकाय द्वारा किया गया बाह्य कार्य

यह नियम मुख्यतः ऊर्जा संरक्षण (Conservation of Energy) को प्रदर्शित करता है, परन्तु व्यवहार में देखा जाता है कि कार्य को तो ऊष्मा में पूर्णतः बदला जा सकता है, किन्तु ऊष्मा को पूर्णतः कार्य में नहीं बदला जा सकता है। प्रथम नियम के आधार पर इसे नहीं समझाया जा सकता है।

ऊष्मागतिकी का द्वितीय नियम (Second Law of Thermodynamics) : इस नियम को उत्क्रम-माप का नियम (The Law of Entropy) भी कहते हैं। ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम ऊष्मा प्रवाहित होने की दिशा नहीं बताता। ऊष्मागतिकी का द्वितीय नियम ऊष्मा के प्रवाहित होने की दिशा को व्यक्त करता है। ऊष्मागतिकी का द्वितीय नियम दो कथनों (Statements) के रूप में व्यक्त किया जाता है—

(i) केल्विन प्लांक का कथन : ''किसी भी ऐसे ऊष्मा इंजन का निर्माण असंभव है, जो कि चक्रीय प्रक्रम में किसी स्रोत से ऊष्मा लेकर, कार्यकारी पदार्थ में बिना कुछ परिवर्तन किए, उसे पूर्णतः कार्य में बदल सके''। इस प्रकार के इंजन की दक्षता सदैव 1 से कम होती है। दक्षता $\eta = W/Q_1$ जहाँ W किया गया उपयोगी कार्य है, और Q_1 अवशोषित ऊष्मा है।

(ii) क्लासियस का कथन : ''ऐसी किसी भी स्वचालित मशीन का निर्माण असंभव है, जो चक्रीय प्रक्रम में बिना किसी बाह्य ऊर्जा स्रोत की सहायता के ऊष्मा को ठण्डी वस्तु से गरम वस्तु तक पहुँचा सके''।

ऊष्मा सदैव गरम वस्तु से ठण्डी वस्तु की ओर प्रवाहित होती है, परन्तु प्रशीतक (Refrigerator) में बाह्य ऊर्जा स्रोत (विद्युत मोटर) की सहायता से ऊष्मा को ठण्डी वस्तु से गरम (वायुमंडल) में पहुँचाया जाता है।

ऊष्मागतिक निकाय तथा प्रक्रम (Thermodynamic System and Processes): **ऊष्मागतिक निकाय :** वह निकाय जिसकी अवस्था को आयतन, दाब तथा ताप के पदों में व्यक्त किया जा सकता है, ऊष्मागतिक निकाय कहलाता है। जैसे—सिलिंडर में भरी गैस, फुटबॉल में भरी हवा आदि एक ऊष्मागतिक निकाय है।

किसी निकाय को दाब, आयतन व ताप की एक अवस्था से दूसरी अवस्था में ले जाने के लिए जिस प्रक्रिया को अपनाया जाता है, उसे ऊष्मागतिक प्रक्रम कहते है। ये निम्न प्रकार के होते हैं—

(i) चक्रीय प्रक्रम (Cyclic Process): जब कोई निकाय विभिन्न अवस्थाओं से होकर प्रारम्भिक अवस्था में लौट आता है, तो ऐसे प्रक्रम को चक्रीय प्रक्रम कहते हैं। इसमें निकाय की आन्तरिक ऊर्जा में कोई परिवर्तन नहीं होता है, अर्थात् $\Delta U = 0$ (शून्य) अतः $Q = W$ यानी निकाय को दी गई कुल ऊर्जा उसके द्वारा किए गए कार्य के बराबर होती है।

(ii) समदाबी प्रक्रम (Isobaric Process): यदि प्रक्रम की अवधि में निकाय का दाब एकसमान रहता है, तो उसे समदाबी प्रक्रम कहते हैं।

(iii) समआयतनिक प्रक्रम (Isochoric Process) : यदि प्रक्रम की अवधि में निकाय का आयतन स्थिर रहता है, तो ऐसे प्रक्रम को समआयतनिक प्रक्रम कहते हैं। ऐसे प्रक्रम में किया गया बाह्य कार्य शून्य होता है ($W = 0$), अतः $Q = \Delta U$ अर्थात् निकाय को दी गई ऊर्जा उसकी आन्तरिक ऊर्जा में वृद्धि (जैसे ताप में वृद्धि) करने में काम आती है।

(iv) समतापी प्रक्रम (Isothermal process) : जब निकाय में परिवर्तन इस प्रकार होता है कि सम्पूर्ण क्रिया में निकाय का ताप स्थिर बना होता है, तो ऐसे प्रक्रम को समतापी प्रक्रम कहते है। ऐसे प्रक्रम प्रायः बहुत धीरे-धीरे सम्पन्न किए जाते हैं।

(v) रूद्धोष्म प्रक्रम (Adiabatic Process) : जब निकाय में परिवर्तन इस प्रकार होता है, कि निकाय न तो अपने बाहर के वातावरण को कोई ऊष्मा दे पाए और न वहाँ से ऊष्मा ग्रहण करे, तो ऐसे प्रक्रम को रूद्धोष्म प्रक्रम कहते है। इस प्रक्रम के कुछ उदाहरण है—

(i) यदि साइकिल का ट्यूब अचानक फट जाए, तो उसकी हवा निकलकर वायुमंडल में जाती है। इस अचानक फैलाव के कारण वह बाहर से ऊर्जा नहीं ले पाती और प्रसार के लिए आवश्यक ऊर्जा अपनी आन्तरिक ऊर्जा से ही ग्रहण करती है। अतः आन्तरिक ऊर्जा घट जाती है जिससे वायु का ताप भी घट जाता है।

(ii) शुष्क बर्फ (dry ice) बनाने के लिए कार्बन डाइऑक्साइड को अचानक प्रसारित किया जाता है, जिससे वह ठंढा होकर बर्फ में बदल जाता है। इसे ही शुष्क बर्फ कहते है।

(iii) यदि थरमस में भरी चाय को तेजी से हिलाया जाए तो वह गरम हो जाती है। इसका कारण यह है कि हिलाने से चाय की परतों के बीच उपस्थित श्यान बलों के विरुद्ध कार्य किया जाता है जिससे चाय की आन्तरिक ऊर्जा बढ़ जाती है और उसके फलस्वरूप चाय का ताप बढ़ जाता है।

IV. प्रकाश

1. प्रकाश की प्रकृति एवं चाल

प्रकाश : हमारी दृष्टि की अनुभूति जिस बाह्य भौतिक कारण के द्वारा होती है, उसे हम प्रकाश कहते हैं। अतः प्रकाश एक प्रकार का साधन है, जिसके सहारे आँख वाले लोग किसी वस्तु को देखते हैं। जब किसी वस्तु पर प्रकाश पड़ता है, तब उस वस्तु से प्रकाश टकराकर देखने वाले की आँख पर पड़ता है, जिससे व्यक्ति उस वस्तु को देख पाता है। वास्तव में प्रकाश एक प्रकार की ऊर्जा है, जो विद्युत-चुम्बकीय तरंगों के रूप में संचरित होती है।

प्रकाश की दोहरी प्रकृति–तरंग व कण (Dual nature of light–wave & particle): आज प्रकाश को कुछ घटनाओं में तरंग और कुछ में कण माना जाता है। कुछ घटनाओं में उसकी तरंग प्रकृति प्रबल होती है (कण प्रकृति दबी रहती है) और कुछ में प्रकाश की कण प्रकृति स्पष्टतः उभरकर जाती है और तरंग प्रकृति दबी रहती है। इसी को प्रकाश की दोहरी प्रकृति कहते हैं। प्रकाश का विद्युत-चुम्बकीय तरंग सिद्धान्त प्रकाश के केवल कुछ प्रमुख गुणों की ही व्याख्या कर पाता है, जैसे—प्रकाश का परावर्तन, अपवर्तन, सीधी रेखा में चलना, विवर्तन, व्यतिकरण व ध्रुवण। प्रकाश के कुछ गुण ऐसे भी हैं जिनकी व्याख्या तरंग सिद्धान्त नहीं कर पाता है। इनमें प्रमुख है—प्रकाश का विद्युत-प्रभाव तथा कॉम्पटन प्रभाव। इन प्रभावों की व्याख्या आइन्सटीन द्वारा प्रतिपादित प्रकाश के फोटॉन सिद्धान्त द्वारा की जाती है। इस सिद्धान्त के अनुसार, प्रकाश ऊर्जा के छोटे-छोटे बण्डलों या पैकेटों के रूप में चलता है, जिन्हें फोटॉन (photon) कहते हैं। वास्तव में ये दोनों प्रभाव प्रकाश की कण-प्रकृति (particle nature) को प्रकट करते हैं।

प्रकाश की चाल (Speed of light): सर्वप्रथम रोमर नामक वैज्ञानिक ने बृहस्पति ग्रह के उपग्रहों की गति को देखकर प्रकाश का वेग ज्ञात किया था। उसने बृहस्पति ग्रह के एक उपग्रह में लगने वाले दो ग्रहणों के बीच की अवधि को मापकर प्रकाश की चाल ज्ञात किया था। प्रकाश का वेग सबसे अधिक निर्वात् में होता है। निर्वात् में प्रकाश की चाल का सर्वाधिक स्वीकृत मान 1,86,310 मील प्रति सेकण्ड या 2,99,776 किलोमीटर प्रति सेकण्ड या 3×10^8 मीटर प्रति सेकण्ड है। किसी पदार्थ में प्रकाश की चाल निर्वात् से कम होती है। निर्वात की तुलना में हवा में प्रकाश की चाल 0.03 प्रतिशत कम, पानी में 25 प्रतिशत कम तथा काँच में 35% कम होती है।

विभिन्न माध्यमों में प्रकाश की चाल

माध्यम	**प्रकाश की चाल** (मी०/से०)
निर्वात्	3×10^8
पानी	2.25×10^8
तारपीन का तेल	2.04×10^8
काँच	2×10^8
रॉक साल्ट	1.96×10^8
नाइलोन	1.96×10^8

प्रकाश को सूर्य से पृथ्वी तक आने में औसतन 499 से० (अर्थात् 8 मिनट 19 से०) का समय लगता है। इसी प्रकार चन्द्रमा से परावर्तित प्रकाश को पृथ्वी तक आने में 1.28 से० का समय लगता है।

प्रकाश का सरल रेखीय गमन (Rectilinear Propagation of Light): समांग माध्यमों (घनत्व हर भाग में बराबर) में प्रकाश की किरणें सरल रेखाओं में चलती हैं। इसे प्रकाश का सरल रेखीय गमन कहते हैं। सूची-छिद्र कैमरा में उल्टे चित्र का बनना, विभिन्न प्रकार की छायाओं का बनना, सूर्य ग्रहण तथा चन्द्र ग्रहण प्रकाश की किरणों के सरल रेखीय गमन के कारण ही संभव होते हैं।

स्मरणीय

1. सर्वप्रथम अंग्रेज भौतिकीविद् एवं गणितज्ञ न्यूटन (Newton) ने बताया कि श्वेत प्रकाश सभी रंगों के प्रकाश से मिलकर बना है। न्यूटन ने ही बताया कि प्रकाश अत्यन्त सूक्ष्म कणों के बने होते हैं, और ये सीधी रेखा में गमन करते हैं।

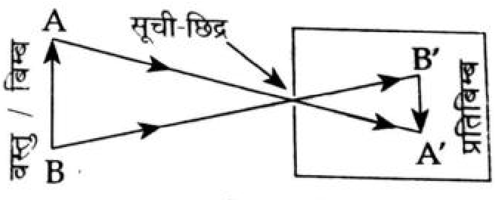
2. डच भौतिकशास्त्री हाइजेन (Huygens) ने प्रकाश का तरंग सिद्धान्त (wave theory) दिया। इसने बताया कि प्रकाश तरंगों से बना होता है।

3. सन् 1800 ई० में अंग्रेज भौतिकीवेत्ता थॉमस यंग (Thomas Young) ने प्रकाश के व्यतिकरण (Interference of Light) का सिद्धान्त दिया। उसने दिखाया कि दो प्रकाश किरण-पुंज कुछ निश्चित परिस्थिति में एक-दूसरे को समाप्त कर देते हैं। अधिकांश वैज्ञानिकों ने यंग के प्रयोग को प्रकाश के तरंग सिद्धान्त की सत्यता का प्रमाण मान लिया।

4. सन् 1864 ई० में ब्रिटिश भौतिकशास्त्री मैक्सवेल (Maxwell) ने विद्युत-चुम्बकत्व (Electromagnetism) का गणितीय सिद्धान्त दिया। इस सिद्धान्त के अनुसार "विद्युतीय क्षेत्र और चुम्बकीय क्षेत्र के बदलते स्वरूप के कारण जो प्रभाव उत्पन्न होता है, वही तरंगों की गति के लिए उत्तरदायी होता है"। मैक्सवेल के तरंगों संबंधी इस सिद्धांत के गणितीय गुण प्रकाश के लिए आकलित गुणों से मिलते थे। कम्पन कर रहे विद्युतीय आवेशों द्वारा जो प्रकाश उत्पन्न होता है, वह परमाणु में उपस्थित विद्युत आवेश ही है। मैक्सवेल के इस कार्य से प्रकाश के तरंग स्वरूप को और भी मान्यता मिली।

5. **क्वाण्टम यांत्रिकी** (Quantum mechanics): सन् 1900 ई० में जर्मन भौतिकीविद् मैक्स प्लांक (Max Planck) ने एक समीकरण दिया जो किसी गर्म सतह से उत्सर्जित होने वाले प्रकाश के प्रायोगिक आंकड़ों से मेल खाता था। उन्होंने अनुभव किया कि सतह के प्रकाश उत्सर्जक में ऊर्जा की छोटी मात्रा होती है। जब ऊर्जा की मात्रा एक निश्चित मात्रा में होती है, तो उसे क्वाण्टम कहा जाता है।

6. सन् 1905 ई० में जर्मन भौतिकीविद् आईंस्टीन (Einstein) ने इस तथ्य का उद्घाटन किया कि प्रकाश भी क्वांटाइज्ड होता है। प्रकाश छोटे-छोटे ऊर्जा समूहों में आता है, जिसे क्वाण्टा कहते है। प्रकाश की ऊर्जा-समूह (क्वांटाइज्ड ऊर्जा) की परिकल्पना से उसके कण होने का प्रमाण प्राप्त होता है। प्रकाश के इन कणों को फोटॉन (Photon) कहा गया है।



सूची-छिद्र कैमरा

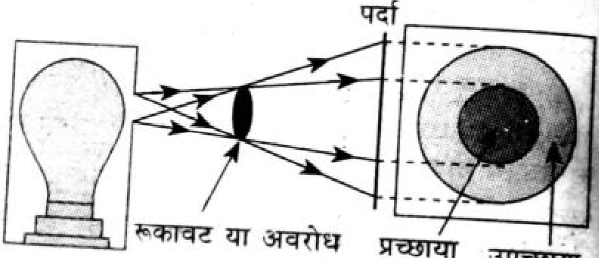
सूची-छिद्र कैमरा (Pin hole camera): इसमें लकड़ी का बना एक आयताकार बॉक्स होता है, जिसकी भीतरी दीवारें काले रंग से रंगी होती है। सामने वाली दीवार के ठीक मध्य में सुई के नोक के बराबर एक छिद्र रहता है और पीछे वाली दीवार घिसे शीशे अथवा तेल लगी कागज की बनी होती हैं। जब हम कैमरे के सामने कोई वस्तुबिम्ब (Object) रखते हैं, तो इस वस्तु का उल्टा प्रतिबिम्ब (Image) कैमरे के पीछे वाली दीवार पर बनता है। वस्तु के ऊपरी भाग से निकलने वाली किरणें सीधी रेखा में चलकर पीछे वाली दीवार के निचले भाग में आती हैं और वस्तु के निचले भाग से निकलने वाली किरणें पीछे वाली दीवार के ऊपरी भाग में आती हैं। यही कारण है कि किसी वस्तु का उल्टा प्रतिबिम्ब इस कैमरे में दिखाई देता है। इससे भी सिद्ध होता है कि प्रकाश किरणें सीधे रेखाओं में गमन करती है। यदि कैमरे की सामने वाली दीवार पर एक से अधिक छिद्र कर दिया जाए, तो पीछे वाली दीवार पर छिद्रों की संख्या के बराबर ही प्रतिबिम्बों की संख्या होगी। यदि अनेक छिद्रों के बदले एक ही बड़ा छिद्र कर दिया जाये तब भी

उसी तरह का प्रतिबिम्ब बनेगा, क्योंकि बड़े छिद्र को हम छोटे छिद्रों का समूह मान सकते प्रतिबिम्ब का आकार छिद्र से परदे की दूरी और बिम्ब से छिद्र की दूरी पर निर्भर करता है।

$$\frac{\text{प्रतिबिम्ब की ऊँचाई}}{\text{बिम्ब की ऊँचाई}} = \frac{\text{छिद्र से प्रतिबिम्ब की दूरी}}{\text{छिद्र से बिम्ब की दूरी}} = \text{आवर्धन}$$

बड़े आवर्धन के लिए छिद्र से बिम्ब की दूरी कम होनी चाहिए। यदि परदे की जगह एक फोटोग्राफिक प्लेट लगा दिया जाए, तो इससे बहुत ही संतोषजनक चित्र प्राप्त किए जा सकते हैं।

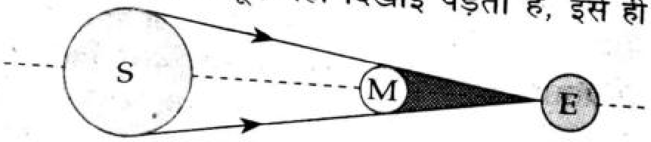
प्रच्छाया एवं उपच्छाया (Umbra and Penumbra) : जब प्रकाश किरणों के रास्ते में कोई अपारदर्शी वस्तु आ जाती है, तो प्रकाश की किरणें आगे नहीं जा पाती हैं। वस्तु के आगे परदा रहने पर परदे के प्रकाशित भाग के बीच कुछ भाग ऐसा होता है, जो काला दिखता है, क्योंकि वहाँ अंधकार रहता है। इस भाग को छाया कहते है। छाया की लम्बाई तथा आकार—(i) प्रकाश के उद्‌गम, (ii) अपारदर्शी वस्तु के आकार तथा (iii) प्रकाश के उद्‌गम तथा वस्तु के बीच की दूरी पर निर्भर करता हैं। जब प्रकाश का उद्‌गम बिन्दुवत् हो तो उससे बनने वाली छाया में एक जैसा अंधकार रहता है। जब प्रकाश के उद्‌गम का विस्तार रुकावट की अपेक्षा बड़ा हो, तो छाया के मध्य भाग में प्रकाश एकदम नहीं पहुँचने के कारण पूर्ण अंधकार रहता है, यह प्रच्छाया (Umbra) कहलाता है और जिस भाग में अंशतः प्रकाश पहुँचता है, उसे उपच्छाया (Penumbra) कहते है।



प्रच्छाया एवं उपछाया

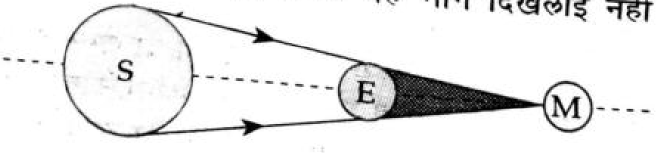
ग्रहण (Eclipse)

(A) सूर्य ग्रहण (Solar Eclipse) : जब सूर्य तथा पृथ्वी के बीच में चन्द्रमा आ जाता है, तो चन्द्रमा की छाया पृथ्वी पर पड़ती है और उस भाग में सूर्य नहीं दिखाई पड़ता है, इसे ही सूर्य ग्रहण कहते हैं। ऐसी स्थिति अमावस्या के दिन होती है।



सूर्य-ग्रहण

(B) चन्द्र ग्रहण (Lunar Eclipse) : जब सूर्य एवं चन्द्रमा के बीच में पृथ्वी आ जाती है और पृथ्वी की छाया चन्द्रमा पर पड़ती है, तो चन्द्रमा का वह भाग दिखलाई नहीं पड़ता है, इसे ही चन्द्र ग्रहण कहते हैं। ऐसी स्थिति पूर्णिमा के दिन होती है।



चन्द्र-ग्रहण

नोट : *हर महीने ग्रहण नहीं दिखलाई देता, क्योंकि पृथ्वी का कक्ष-तल चन्द्रमा के कक्ष-तल के साथ 5° कोण बनाती है।*

2. प्रकाश का परावर्तन

प्रकाश के चिकने पृष्ठ से टकराकर वापस लौटने की घटना को प्रकाश का परावर्तन कहते हैं।

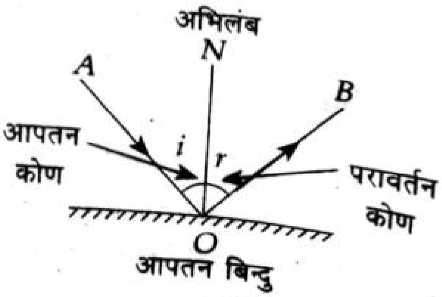
परावर्तन के नियम (Laws of Reflection) : परावर्तन के दो नियम हैं—

(i) आपतन कोण (Angle of Incidence) परावर्तन कोण (Angle of Reflection) के बराबर होता है।

अर्थात् $\angle AON = \angle NOB$

$\angle i = \angle r$

(ii) आपतित किरण, आपतन बिन्दु पर अभिलम्ब तथा परावर्तित किरण एक ही समतल में होते हैं।



समतल दर्पण (Plane mirror) : समतल दर्पण का परावर्तक सतह समतल होता है। इस में शीशे के एक ओर धातु की पतली परत चढ़ी होती है और किरण क्षय को रोकने के लिए लेप किया जाता है। शीशे के पीछे चाँदी की परत या पारे की परत परावर्तक सतह का कार्य करती है।

सतमल दर्पण में प्रतिबिम्ब की स्थिति : समतल दर्पण में किसी वस्तु का प्रतिबिम्ब दर्पण के पीछे उतनी ही दूरी पर बनती है, जितनी दूरी पर वस्तु दर्पण के आगे रखी होती है। यह प्रतिबिम्ब काल्पनिक, वस्तु के बराबर एवं पार्श्व उल्टा (lateral inverse) बनता है।

समतल दर्पण से संबंधित कुछ विशेष तथ्य

(i) यदि कोई व्यक्ति v चाल से दर्पण की ओर चलता है, तो उसे दर्पण में अपना प्रतिबिम्ब $2v$ चाल से अपनी ओर आता प्रतीत होता है।

(ii) किसी वस्तु का समतल दर्पण में पूर्ण प्रतिबिम्ब देखने के लिए दर्पण की लम्बाई वस्तु की लम्बाई की कम से कम आधी होनी चाहिए।

(iii) यदि आपतित किरण को नियत रखते हुए दर्पण को $\theta°$ कोण से घुमा दिया जाए, तो परावर्तित किरण $2\theta°$ कोण से घूम जाती है।

(iv) यदि दो समतल दर्पण $\theta°$ कोण पर झुके हों, तो उनके द्वारा उनके मध्य में रखी वस्तु के बनाए गए कुल प्रतिबिम्बों की संख्या $\frac{360°}{\theta°} - 1$ होती है। यदि यह पूर्णांक नहीं है, तो इसे अगला पूर्णांक मान लिया जाता है। इस प्रकार समकोण पर झुके दो दर्पणों के बीच रखे वस्तु के तीन प्रतिबिम्ब बनते हैं और दो समानान्तर दर्पणों के बीच रखे वस्तु के अनन्त प्रतिबिम्ब बनते हैं।

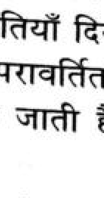
समतल दर्पण के उपयोग : समतल दर्पण का उपयोग बहुरूपदर्शी (Kaleidoscope), परिदर्शी (Periscope), आईना (Looking glass) आदि में किया जाता है।

1. बहुरूपदर्शी (Kaleidoscope) : इसमें समान लम्बाई तथा समान चौड़ाई के तीन आयताकार समतल दर्पण इस प्रकार लगे रहते है कि दो दर्पणों के बीच 60° का कोण बनता है। तीनों दर्पणों के परावर्तक तल भीतर की ओर रहते हैं और दर्पणों द्वारा घिरे स्थान में रंगीन काँच के कुछ टुकड़े रहते हैं। ये तीनों दर्पण एक मोटी नली के अन्दर लगे रहते हैं। नली के एक सिरे पर शीशे का गोलाकार टुकड़ा लगा रहता है और दूसरे सिरे पर घिसे शीशे का टुकड़ा। जब पारदर्शक शीशे वाले सिरे से नली में देखते हैं, तो नली को घुमाने से नई-नई रंगीन आकृतियाँ दिखाई देती हैं। ये आकृतियाँ रंगीन काँच की प्रतिबिम्ब हैं, जो समतल दर्पणों से बार-बार परावर्तित होने के कारण बनते हैं। नली को घुमाने से रंगीन काँच के टुकड़ों की स्थितियाँ बदल जाती हैं और इसीलिए आकृतियों के रंग बदल जाते हैं।

2. परिदर्शी (Periscope) : इसमें दो समतल दर्पण एक-दूसरे से 45° कोण पर स्थित होते हैं। इन दर्पणों की परावर्तक सतहें आमने-सामने रहती हैं। अतः ऊपर वाले सिरे से होकर प्रवेश करने वाली किरणें दर्पण द्वारा परावर्तित होकर नीचे की ओर आती हैं और दूसरे दर्पण द्वारा परावर्तित होकर आँखों में प्रवेश करती हैं। इसी कारण युद्ध के समय बंकर में छिपे सैनिक जमीन पर चल रहे दुश्मनों की गतिविधियों को देखने के लिए इस उपकरण का उपयोग करते हैं। पनडुब्बी जहाज में भी इस उपकरण का प्रयोग किया जाता है।

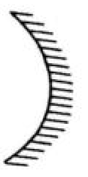
गोलीय दर्पण (Spherical Mirror) : किसी गोलाकार तल से बनाए गए दर्पण को गोलीय दर्पण कहते हैं। गोलीय खंड के एक तल पर पारे की कलई एवं रेड ऑक्साइड का लेप किया जाता है तथा दूसरा तल परावर्तक की तरह कार्य करता है। गोलीय दर्पण मुख्यतः दो प्रकार के होते हैं—(i) उत्तल दर्पण (ii) अवतल दर्पण

(i) उत्तल दर्पण (convex mirror) : जिस गोलीय दर्पण का परावर्तक सतह उभरा रहता है, उसे उत्तल दर्पण कहा जाता है। उत्तल दर्पण को अपसारी दर्पण (Diverging Mirror) भी कहा जाता है क्योंकि यह अनंत से आने वाली किरणों को फैलाता है।

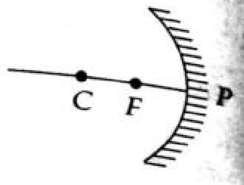


उत्तल दर्पण

(ii) अवतल दर्पण (concave mirror) : जिस गोलीय दर्पण का परावर्तक तल धंसा रहता है, उसे अवतल दर्पण कहते हैं। अवतल दर्पण को अभिसारी दर्पण (Converging Mirror) भी कहा जाता है क्योंकि यह अनंत से आने वाली किरणों को सिकोड़ता है।


अवतल दर्पण

उत्तल एवं अवतल दोनों ही दर्पण किसी गोले के कटे भाग होते हैं अतः उस गोले का केन्द्र दर्पण का वक्रता केन्द्र (Centre of curvature) कहलाता है। दर्पण का मध्य बिन्दु ध्रुव (Pole) कहलता है। दर्पण के वक्रता केन्द्र एवं ध्रुव को मिलाने वाली रेखा दर्पण की प्रधान अक्ष रेखा (Principle axis) कहलाती है। वक्रता केन्द्र एवं ध्रुव को मिलाने वाली सरल रेखा के मध्य बिन्दु को दर्पण का फोकस (Focus) कहते है।



$$\text{फोकस दूरी} = \frac{\text{वक्रता त्रिज्या}}{2}$$

गोलीय दर्पणों की फोकस दूरी का सूत्र : उत्तल एवं अवतल दोनों ही दर्पणों की फोकस दूरी निम्नलिखित सूत्र से ज्ञात की जाती है—

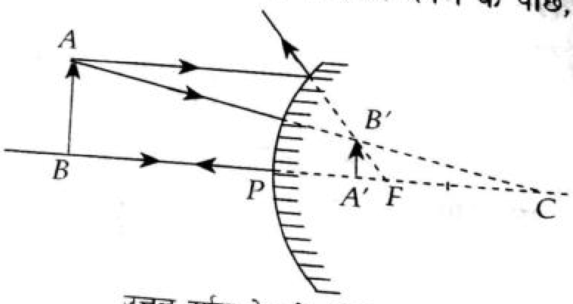
$$\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$$

जहाँ u = वस्तु की दर्पण से दूरी,
v = प्रतिबिम्ब की दर्पण से दूरी,
f = दर्पण की फोकस दूरी

आवर्धन (Magnification) : प्रतिबिम्ब की लम्बाई और वस्तु की लम्बाई के अनुपात को आवर्धन कहते हैं और इसे m से प्रदर्शित करते हैं।

अर्थात् $$m = \frac{\text{प्रतिबिंब की लम्बाई}}{\text{वस्तु की लम्बाई}} = \frac{\text{प्रतिबिंब की दूरी } (v)}{\text{वस्तु की लम्बाई } (u)}$$

उत्तल दर्पण से बने प्रतिबिम्ब : उत्तल दर्पण में किसी वस्तु का प्रतिबिम्ब सदैव दर्पण के पीछे, उसके ध्रुव और फोकस के बीच, वस्तु से छोटा, सीधा एवं आभासी बनता है। यदि किसी वस्तु की उत्तल दर्पण से दूरी बढ़ायी जाय, तो दर्पण से बने आभासी एवं सीधे प्रतिबिम्ब का आकार छोटा होता जाता है तथा उसकी स्थिति दर्पण के पीछे ध्रुव से फोकस की ओर खिसकती जाती है।



उत्तल दर्पण से बने प्रतिबिम्ब

उत्तल दर्पण के उपयोग : उत्तल दर्पण द्वारा काफी बड़े क्षेत्र की वस्तुओं का प्रतिबिम्ब एक छोटे से क्षेत्र में बन जाता है। इस प्रकार उत्तल दर्पण का दृष्टि क्षेत्र (field-view) अधिक होता है। इसीलिए इसे ट्रक-चालकों या मोटरकारों में चालक के बगल में पृष्ठ-दृश्य दर्पण (Rear-view Mirror) लगाया जाता है। सड़क में लगे परावर्तक लैम्पों में उत्तल दर्पण का प्रयोग किया जाता है, विस्तार-क्षेत्र अधिक होने के कारण ये प्रकाश को अधिक क्षेत्र में फैलाते हैं।

अवतल दर्पण के उपयोग :

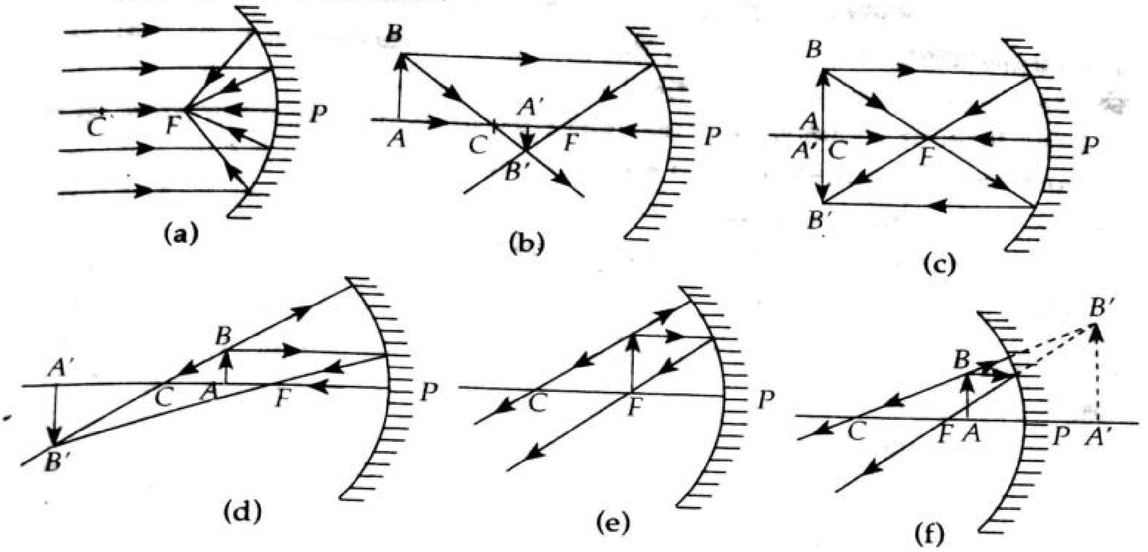
(i) बड़ी फोकस दूरी वाला अवतल दर्पण दाढ़ी बनाने में काम आता है।

(ii) आँख, कान एवं नाक के डॉक्टर के द्वारा उपयोग में लाया जाने वाला दर्पण।

(iii) गाड़ी के हेडलाइट (Head-light) एवं सर्चलाइट (Search-light) में।

(iv) सोलर कुकर (Solar Cooker) में।

अवतल दर्पण से बने प्रतिबिम्ब :



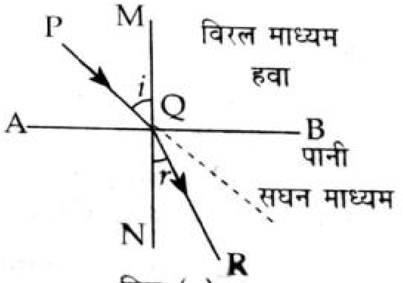
(a) (b) (c) (d) (e) (f)

वस्तु की स्थिति	प्रतिबिम्ब की स्थिति	वस्तु की तुलना में प्रतिबिम्ब का आकार	प्रतिबिम्ब की प्रकृति
(a) अनन्त पर	फोकस पर	बहुत छोटा	उल्टा व वास्तविक
(b) वक्रता केन्द्र एवं अनन्त के बीच	फोकस एवं वक्रता-केन्द्र के बीच	छोटा	उल्टा व वास्तविक
(c) वक्रता-केन्द्र पर	वक्रता-केन्द्र पर	समान आकार का	उल्टा व वास्तविक
(d) फोकस तथा वक्रता-केन्द्र के बीच	वक्रता-केन्द्र एवं अनन्त के बीच	बड़ा	उल्टा व वास्तविक
(e) फोकस पर	अनन्त पर	बहुत बड़ा	उल्टा व वास्तविक
(f) फोकस तथा ध्रुव के बीच	दर्पण के पीछे	बड़ा	सीधा व आभासी

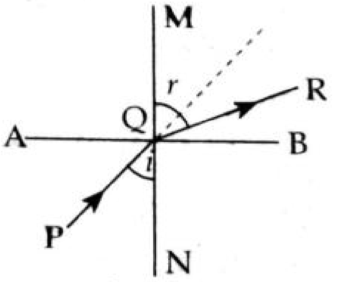
3. प्रकाश का अपवर्तन

प्रकाश का अपवर्तन (Refraction of Light) : जब प्रकाश की किरणें एक पारदर्शी माध्यम से दूसरे पारदर्शी माध्यम में प्रवेश करती हैं, तो दोनों माध्यमों को अलग करने वाले तल पर अभिलम्बवत् आपाती होने पर बिना मुड़े सीधे निकल जाती हैं, परन्तु तिरछी आपाती होने पर वे अपनी मूल दिशा से विचलित हो जाती हैं। इस घटना को प्रकाश का अपवर्तन कहते हैं।

जब प्रकाश की कोई किरण विरल माध्यम (rarer medium) से सघन माध्यम (denser medium) (जैसे हवा से पानी) में प्रवेश करती है, तो वह दोनों माध्यमों के पृष्ठ पर खींचे गए अभिलंब की ओर झुक जाती है [चित्र (a)] तथा जब किरण सघन माध्यम से विरल माध्यम में प्रवेश करती है, तो वह अभिलंब से दूर हट जाती है, [चित्र (b)] लेकिन जो किरण अभिलंब के समांतर प्रवेश करती है, उनके पथ में कोई परिवर्तन नहीं होता व बिना झुके सीधी निकल जाती है।



चित्र (a)



चित्र (b)

अपवर्तन के नियम : अपवर्तन के दो नियम हैं—

(i) आपतित किरण (Incident Ray), अभिलंब (Normal) तथा अपवर्तित किर (Refracted Ray) तीनों एक ही समतल में स्थित होते हैं।

(ii) **किन्हीं दो माध्यमों** के लिए आपतन कोण की ज्या (sine) तथा अपवर्तन कोण की ज्या (sine) का अनुपात एक नियतांक होता है।

i.e., $\frac{\sin i}{\sin r} = \mu$ (नियतांक)

इस नियतांक को पहले माध्यम के सापेक्ष दूसरे माध्यम का अवर्तनांक (Refracting Index R.I.) कहते हैं। इस नियम को स्नेल का नियम (Snell's Law) भी कहते हैं। यदि पहले माध्यम को 1 से तथा दूसरे माध्यम को 2 से प्रदर्शित किया जाये, तो अपवर्तनांक को ${}_1\mu_2$ से प्रदर्शित किया जाता है। इस प्रकार—

$$\frac{\sin i}{\sin r} = {}_1\mu_2$$

यदि तीन माध्यम 1, 2 व 3 हो तब— ${}_1\mu_2 \times {}_2\mu_3 \times {}_3\mu_1 = 1$

यदि माध्यम 1 वायु हो, माध्यम 2 जल हो तथा माध्यम 3 कांच हो तब—

$$ {}_a\mu_w \times {}_w\mu_g \times {}_g\mu_a = 1 \quad \text{या,} \quad {}_w\mu_g = \frac{1}{{}_a\mu_w \times {}_g\mu_a} = \frac{{}_a\mu_g}{{}_a\mu_w}$$

यदि प्रकाश का अपवर्तन निर्वात् से किसी माध्यम में होता है, तब आपतन कोण के sine और अपवर्तन कोण के sine के अनुपात को उस माध्यम का निरपेक्ष अवर्तनांक (Absolute refractive index) कहते हैं। किसी माध्यम का निरपेक्ष अपवर्तनांक निर्वात में प्रकाश की चाल तथा उस माध्यम में प्रकाश की चाल के अनुपात के बराबर होता है। वायु के सापेक्ष किसी माध्यम का अपवर्तनांक उस माध्यम के निरपेक्ष अपवर्तनांक के लगभग बराबर होता है।

$$\text{निरपेक्ष अवर्तनांक} = \frac{\text{निर्वात् (Vacuum) में प्रकाश की चाल}}{\text{माध्यम (Medium) में प्रकाश की चाल}} \qquad \text{i.e., } \mu = \frac{C_v}{C_m}$$

किसी माध्यम का अपवर्तनांक भिन्न-भिन्न रंग (तरंगदैर्घ्य) के प्रकाश के लिए भिन्न-भिन्न होता है। तरंगदैर्घ्य बढ़ने के साथ अपवर्तनांक का मान कम होता जाता है। दृश्य प्रकाश में लाल रंग का अपवर्तनांक सबसे कम तथा बैंगनी रंग का सबसे अधिक होता है, क्योंकि लाल रंग का तरंगदैर्घ्य सबसे अधिक व बैंगनी रंग का तरंगदैर्घ्य सबसे कम होता है। ताप बढ़ने पर भी सामान्यतया अपवर्तनांक घटता है, यद्यपि यह परिवर्तन बहुत ही थोड़ा होता है।

प्रकाश के अपवर्तन के कारण घटने वाली घटनाएँ

(i) **रात्रि के समय तारों का टिमटिमाना** (Twinkling of Stars) : वायुमंडल में वायु की विभिन्न घनत्व वाली विभिन्न परतें पायी जाती हैं। जब तारों से प्रकाश चलता है, तो उसका विभिन्न परतों में लगातार अपवर्तन होता रहता है। चूँकि वायु की परतें स्थिर नहीं होती, इसलिए हमें यह महसूस होता है कि तारे भिन्न-भिन्न समयान्तरालों में भिन्न-भिन्न स्थितियों में हैं। अर्थात् तारे हमें टिमटिमाते हुए प्रतीत होते हैं।

(ii) पानी से भरे किसी बर्तन की तली में पड़ा हुआ सिक्का ऊपर उठा हुआ दिखाई पड़ता है—इसका कारण यह है कि जब हम बर्तन में पानी डालते हैं, तो अपवर्तन के कारण सिक्का कुछ ऊपर उठा हुआ प्रतीत होता है तथा हमें दिखाई देने लगता है।

(iii) जल के अन्दर पड़ी हुई मछली वास्तविक गहराई से कुछ ऊपर उठी हुई दिखाई पड़ती है।

(iv) द्रव में अंशतः डुबी हुई सीधी छड़ टेढ़ी दिखाई पड़ती है।

(v) सूर्योदय के कुछ समय पहले एवं सूर्यास्त के कुछ समय बाद तक सूर्य क्षितिज के नीचे होने पर भी हमें दिखाई देता है।

4. प्रकाश का पूर्ण आन्तरिक परावर्तन

प्रकाश का पूर्ण आन्तरिक परावर्तन (Total Internal Reflection of Light): जब कोई प्रकाश की किरण किसी सघन माध्यम (Denser Medium) से विरल माध्यम (Rarer Medium) में प्रवेश करती है, तो अपवर्तन के कारण अपवर्तित किरण (Refracted Ray) अभिलंब (Normal) से दूर हटती जाती है। जैसे-जैसे हम आपतन कोण का मान बढ़ाते जाते हैं, विरल माध्यम में अपवर्तित किरण अभिलंब से दूर हटती जाती है, अर्थात् अपवर्तन कोण का मान बढ़ता जाता है। जब एक निश्चित आपतन कोण के लिए अपवर्तन कोण का मान 90° हो जाता है, तो इस आपतन कोण को क्रान्तिक कोण कहते हैं।

अपवर्तनांक $\mu = \frac{1}{\sin C}$ या, $\sin C = \frac{1}{\mu}$ जहाँ C क्रांतिक कोण है।

अब यदि आपतन कोण को और बढ़ायें, तो किरणों का अपवर्तन नहीं हो सकेगा, क्योंकि अपवर्तन कोण का मान 90° से अधिक नहीं हो सकता। ऐसी स्थिति में आपतित किरणें परावर्तन के नियमानुसार सघन माधयम में ही परावर्तित हो जाती हैं। यह घटना पूर्ण आन्तरिक परावर्तन कहलाती है। पूर्ण आन्तरिक परावर्तन में प्रकाश का परावर्तन शत-प्रतिशत होता है। अर्थात् इसमें प्रकाश का अपवर्तन बिल्कुल नहीं होता है। इस कारण पृष्ठ के जिस भाग से पूर्ण आन्तरिक परावर्तन होता है, वह बहुत चमकने लगता है। पूर्ण आन्तरिक परावर्तन के लिए निम्नलिखित दो शर्तों का पूरा होना अनिवार्य है—

कुछ पदार्थों के क्रांतिक कोण :

पदार्थ	अपवर्तनांक	क्रांतिक कोण
पानी	1.33	48.5°
क्राउन काँच	1.52	41.1°
फ्लिंट काँच	1.65	37.4°
हीरा	2.42	24.4°

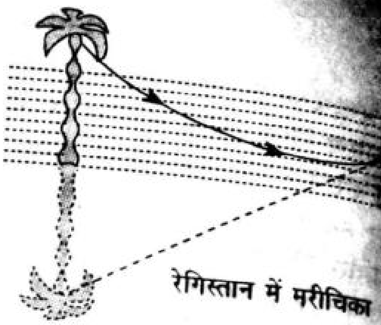
(i) प्रकाश सघन माध्यम (Denser Medium) से विरल माध्यम (Rarer Medium) में जा रहा हो।

(ii) आपतन कोण (Incident Angle) क्रांतिक कोण (Critical Angle) से बड़ा हो।

पूर्ण आंतरिक परावर्तन के उदाहरण : पूर्ण आंतरिक परावर्तन के अनेक उदाहरण हमारे दैनिक जीवन में देखने को मिलते हैं। जैसे— (i) हीरा अत्यधिक चमकता है। (ii) रेगिस्तान में मरीचिका (Mirage) तथा ठण्डे देशों में मरीचिका (Looming) दिखाई देती है। (iii) काँच का चटका हुआ भाग चमकीला दिखाई देता है। (iv) पानी में पड़ी हुई परखनली चमकीली दिखाई पड़ती है। (v) प्रकाशिक तन्तु (Optical fibres) पूर्ण आंतरिक परावर्तन सिद्धांत पर काम करता है। (vi) पानी में हवा-भरे बुलबुले (Air-bubble) चमकते हैं। (vii) कालिख से पोता हुआ गोला चमकता है।

हीरे की चमक : हीरे से वायु में आने वाली किरण के लिए क्रान्तिक कोण बहुत ही कम (24°) होता है। अतः जब बाहर का प्रकाश किसी कटे हुए हीरे में प्रवेश करता है, तो वह उसके भीतर विभिन्न तलों पर बार-बार पूर्ण परावर्तित होता रहता है। जब किसी तल पर आपतन कोण 24° से कम हो जाता है, तब ही प्रकाश हीरे से बाहर आ पाता है। इस प्रकार हीरे में सभी दिशाओं से प्रवेश करने वाला प्रकाश केवल कुछ ही दिशाओं में हीरे से बाहर निकलता है। अतः इन दिशाओं से देखने पर हीरा अत्यन्त चमकदार दिखाई देता है।

रेगिस्तान में मरीचिका (Mirage) : कभी-कभी रेगिस्तान में यात्रियों को दूर से पेड़ के साथ-साथ उसका उल्टा प्रतिबिम्ब भी दिखायी देता है। इससे यात्रियों को ऐसा भ्रम हो जाता है कि वहाँ जल का तालाब है, जिसमें पेड़ का उल्टा प्रतिबिम्ब दिखाई दे रहा है। परन्तु वास्तव में वहाँ तालाब नहीं होता है। गर्मी के मौसम में रेगिस्तान की रेत गरम होती है, तो उसे छूकर पृथ्वी के पास की वायु अधिक गरम हो जाती है, जिससे वायु का घनत्व कम हो जाता है। ऊपर की वायु परत ठंडी और सघन होती है। अतः जैसे-जैसे हम ऊपर से नीचे आते हैं, वायु की परत विरल होती जाती है। जब पेड़ से प्रकाश की किरणें पृथ्वी की ओर आती हैं, तो उन्हें अधिकाधिक

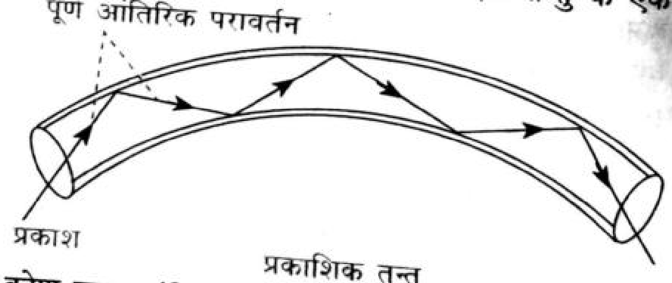

रेगिस्तान में मरीचिका

विरल परतों से होकर जाना पड़ता है, इसीलिए प्रत्येक परत पर अपवर्तित किरण अभिलंब से दूर हटती जाती है। अतः प्रत्येक अगली परत पर आपतन कोण बढ़ता जाता है तथा किसी विशेष परत पर क्रांतिक कोण से बड़ा हो जाता है। इस परत पर किरण पूर्ण परावर्तित होकर ऊपर की ओर उठने लगती है। चूँकि ऊपर वाली परतें अधिक सघन हैं, अतः ऊपर उठती हुई किरण अभिलंब की ओर झुकती जाती है। जब यह किरण यात्री की आँख में प्रवेश करती है, तो उसे पृथ्वी के नीचे से आती हुई प्रतीत होती है तथा यात्री को का उल्टा प्रतिबिम्ब दिखायी देता है। यात्री को उल्टा प्रतिबिम्ब दिखलायी पड़ने के कारण जल का भ्रम होने लगता है।

काँच का चटका हुआ भाग चमकीला दिखाई देता है : काँच के चटके हुए भाग में हवा जाती है, जोकि काँच की अपेक्षा विरल होती है। जब प्रकाश काँच से हवा में प्रवेश करता है, उसका सघन माध्यम से विरल माध्यम में अपवर्तन होता है। काँच से हवा में प्रवेश करते सम आपतन कोण का मान क्रांतिक कोण से अधिक हो जाता है, तो पूर्ण आन्तरिक परावर्तन होने लगता है। इसी कारण चटका हुआ काँच चमकीला प्रतीत होता है।

पानी में पड़ी हुई परखनली चमकीली दिखाई पड़ती है : जब पानी से अंशतः भरी हुई परखनली को पानी से भरे बीकर में डुबाते हैं, तो परखनली के जिस भाग में पानी नहीं होता अर्थात् परखनली का खाली भाग चाँदी की तरह चमकने लगता है। इसका कारण भी प्रकाश का पूर्ण आन्तरिक परावर्तन है।

प्रकाशिक तन्तु (Optical fibres) : प्रकाश सरल रेखा में गमन करता है, लेकिन पूर्ण आन्तरिक परावर्तन के सिद्धान्त का उपयोग कर इसे वक्रीय मार्ग पर चलाया जा सकता है। प्रकाशिक तन्तु पूर्ण आन्तरिक परावर्तन के सिद्धान्त पर आधारित एक ऐसी युक्ति है, जिसके द्वारा प्रकाश सिग्नल को, इसकी तीव्रता में बिना क्षय हुए, एक स्थान से दूसरे स्थान तक स्थानान्तरित किया जा सकता है। प्रकाशित तन्तु क्वार्ट्ज कांच के बहुत लम्बे तथा पतले हजारों रेशों से मिलकर बना होता है। प्रत्येक रेशे की मोटाई लगभग 10^{-4} सेमी० होती है। तन्तु के चारों ओर अपेक्षाकृत कम अपवर्तनांक ($\mu \approx 1.5$) के पदार्थ की पतली तह लगा दी जाती है। जब प्रकाश की किरण इस तन्तु के एक सिरे पर अल्प कोण बनाती हुई आपतित होती है, तो यह इसके अन्दर अपवर्तित हो जाती है। तन्तु के अन्दर यह किरण तन्तु तह के सीमा पृष्ठ पर क्रांतिक कोण से अधिक आपतन कोण पर आपतित होती है और पूर्ण आन्तरिक परावर्तन के बाद इसके विपरीत सीमा पृष्ठ पर टकराती है। इस सीमा पृष्ठ पर किरण का आपतन कोण पुनः क्रांतिक कोण से बड़ा होता है, अतः किरण का पुनः पूर्ण आन्तरिक परावर्तन हो जाता है। इस प्रकार प्रकाश किरण बार-बार पूर्ण आन्तरिक परावर्तित होती हुई तन्तु के दूसरे सिरे पर पहुँच जाती है। तन्तु के दूसरे सिरे पर किरण वायु में अपवर्तित होकर अभिलंब से दूर हटती हुई निर्गत होती है।



प्रकाशिक तन्तु

प्रकाशिक तन्तु के उपयोग : (i) विद्युत् संकेत को प्रकाश संकेत में बदलकर प्रेषित करने तथा अभिग्रहण करने में, (ii) शरीर के अन्दर लेसर किरणों को भेजने में, (iii) प्रकाश संकेतों के दूर संचार में, (iv) मनुष्य के शरीर के आन्तरिक भागों के परीक्षण में।

इण्डोस्कोप (Endoscope) : मनुष्य के शरीर के आंतरिक भागों के निरीक्षण के लिए प्रयुक्त यंत्र को अंतःदर्शी (Endoscope) कहा जाता है। इसमें प्रकाश तन्तु (optical fibre) की बनी हुई प्रकाश नलिका का उपयोग किया जाता है। इसमें पूर्ण आंतरिक परावर्तन द्वारा आंतरिक अंगों

का चित्र प्राप्त किया जाता है। इण्डोस्कोप के उदाहरण हैं—ऑरिस्कोप/ओटोस्कोप (Auriscope/Otoscope) : कान के आंतरिक भाग के निरीक्षण के लिए, गैस्ट्रोस्कोप (Gastroscope) : पेट के निरीक्षण के लिए, ब्रोन्कोस्कोप (Bronchoscope) : गले और फेफड़ों के निरीक्षण के लिए आदि।

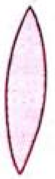
5. लेंस द्वारा प्रकाश का अपवर्तन

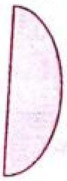
लेंस (Lens) : सामान्यतः दो गोलीय पृष्ठों से घिरे हुए किसी अपवर्तक माध्यम को लेंस कहा जाता है, परन्तु कुछ लेंसों में एक पृष्ठ समतल भी होता है। लेंसों का नामाकरण उनके बाहरी सतह के अनुसार होता है। लेंस छः प्रकार के होते हैं—

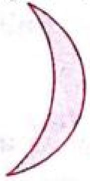
(i) उभयोत्तल (Convexo-convex) : वैसे लेंस जिनके दोनों पृष्ठ उत्तल होते हैं (चित्र–1a)। इन पृष्ठों की वक्रता त्रिज्याएँ समान भी हो सकती हैं तथा भिन्न-भिन्न भी।

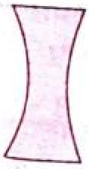
(ii) समतल उत्तल (Plano-convex) : वैसे लेंस जिनके एक पृष्ठ समतल तथा दूसरा पृष्ठ उत्तल होता है (चित्र–1b)।

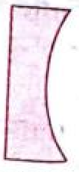
(iii) अवतलोत्तल (Concavo-convex) : वैसे लेंस जिनका एक पृष्ठ अवतल तथा दूसरा पृष्ठ उत्तल होता है (चित्र-1c)। इन पृष्ठों की वक्रता त्रिज्याएँ भिन्न-भिन्न हो सकती हैं।

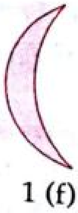

1 (a)


1 (b)


1 (c)


1 (d)


1 (e)


1 (f)

(iv) उभयावतल (Concavo-concave) : वैसे लेंस जिनके दोनों पृष्ठ अवतल होते हैं (चित्र 1d)। इन पृष्ठों की वक्रता त्रिज्याएँ समान अथवा असमान हो सकती हैं।

(v) समतल-अवतल (Plano-concave) : वैसे लेंस जिनके एक पृष्ठ समतल तथा दूसरा पृष्ठ अवतल होता है, (चित्र-1e)।

(vi) उत्तलावतल (Convexo-concave) : वैसे लेंस जिनका एक पृष्ठ उत्तल तथा दूसरा पृष्ठ अवतल होता है (चित्र-1f)। इन पृष्ठों की वक्रता त्रिज्याएँ भिन्न-भिन्न होती हैं।

लेंस संबंधी शब्द

प्रकाशिक केन्द्र (Optical centre) : यह लेंस के अन्दर स्थित वह बिन्दु है, जिससे गुजरने पर प्रकाश किरणों का विचलन नहीं होता है।

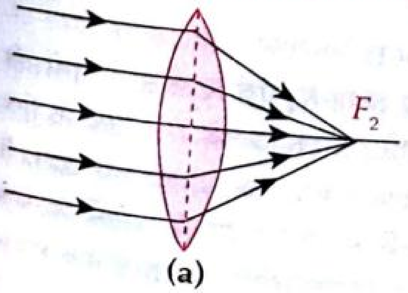
मुख्य अक्ष (Principal axis) : लेंस के दोनों पृष्ठों के वक्रता केन्द्र को मिलाने वाली रेखा को लेंस का मुख्य अक्ष कहते हैं।

फोकस (Focus) : मुख्य अक्ष के समानान्तर आने वाली किरणें लेंस के अपवर्तन के पश्चात् जिस बिन्दु पर मिल जाती हैं अथवा मिलती हुई प्रतीत होती हैं, उसे लेंस का फोकस कहते हैं।

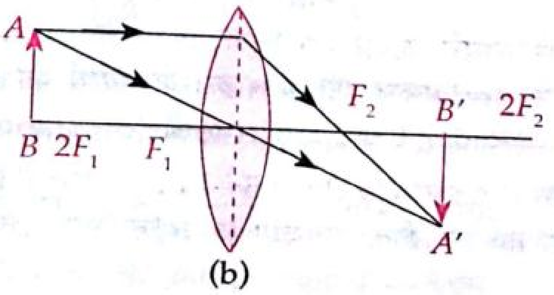
फोकस दूरी (Focal length) : प्रकाशीय केन्द्र से फोकस तक की दूरी को फोकस दूरी कहते हैं।

उत्तल लेंस द्वारा वने प्रतिविम्व : प्रतिबिम्ब की प्रकृति, आकार, स्थिति आदि बिम्ब की फोकस से दूरी पर निर्भर करता है। उत्तल लेंस के सामने विभिन्न स्थितियों में रखने पर प्राप्त प्रतिबिम्ब की स्थिति, उसके आकार एवं प्रकृति का विवरण नीचे सारणी में दिया गया है—

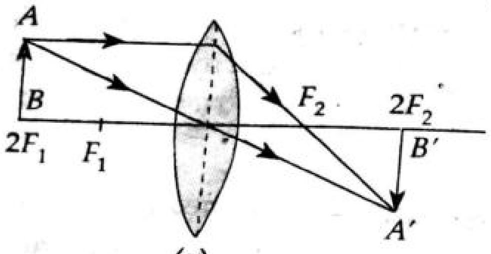
उत्तल लेंस द्वारा वस्तु की विभिन्न स्थितियों के लिए वने प्रतिविम्व :



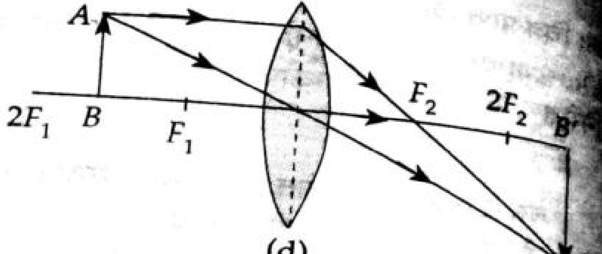
(a)



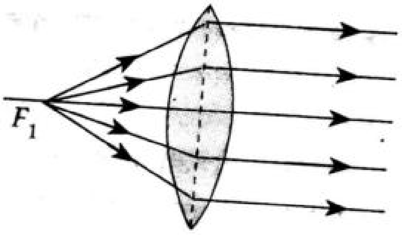
(b)



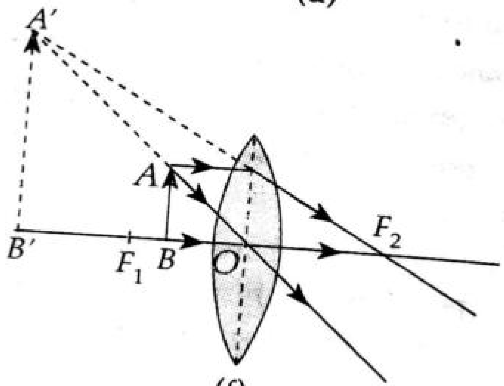
(c)



(d)



(e)



(f)

वस्तु की स्थिति	प्रतिबिम्ब की स्थिति	प्रतिबिम्ब की प्रकृति एवं वस्तु की तुलना में आकार
(a) अनन्त पर	F_2 पर	वास्तविक, बहुत छोटा एवं उल्टा
(b) $2F_1$ से परे	F_2 एवं $2F_2$ के बीच	वास्तविक, छोटा तथा उल्टा
(c) $2F_1$ पर	$2F_2$ पर	वास्तविक, बराबर, उल्टा
(d) $2F_1$ एवं F_1 के बीच	$2F_2$ से परे	वास्तविक, बड़ा, उल्टा
(e) F_1 पर	अनन्त पर	वास्तविक, बहुत बड़ा, उल्टा
(f) O एवं F_1 के बीच	लेंस की उसी ओर जिस ओर वस्तु है।	आभासी, सीधा तथा आवर्धित

अवतल लेंस से बने प्रतिबिम्ब : अवतल लेंस से प्रतिबिम्ब हमेशा वस्तु की ओर ही लेंस तथा फोकस के बीच बनता है। यह आभासी, सीधा तथा वस्तु से छोटा होता है।

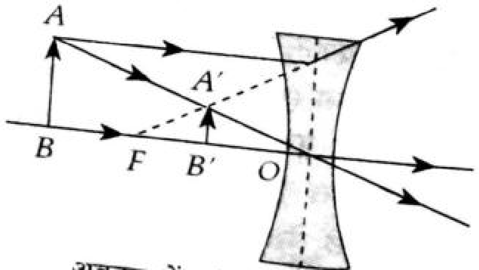
लेंस की फोकस दूरी का सूत्र :

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{v}-\frac{1}{u}$$

जहाँ, $f =$ फोकस दूरी,

$v =$ प्रतिबिम्ब की दूरी,

$u =$ वस्तु की दूरी।



अवतल लेंस से बने प्रतिबिम्ब

लेंस की फोकस दूरी, अपवर्तनांक और वक्रता त्रिज्या में संबंध

$$\frac{1}{f}=(\mu-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$$

जहाँ $f =$ फोकस दूरी, $\mu =$ लेंस के पदार्थ का अपवर्तनांक, तथा R_1 एवं R_2 लेंस के तलों की वक्रता त्रिज्याएँ हैं। यदि लेंस समतलोत्तल (plano-convex) हो, तो $R_2=\infty$

अतः $\frac{1}{f}=(\mu-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{\infty}\right)=(\mu-1)\left(\frac{1}{R_1}\right)=\frac{\mu-1}{R_1}$

Compiled By Hemraj Scanned by CamScanner

संयुक्त लेंस की फोकस दूरी का सूत्र : दो लेंसों को परस्पर सटाकर रखने से बने लेंस को संयुक्त लेंस कहते हैं। संयुक्त लेंस की फोकस दूरी निम्नलिखित सूत्र से प्राप्त होती है—

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}$$

यदि दोनों लेंस के बीच d दूरी हो तो समतुल्य फोकस दूरी, $\frac{1}{F_{eq}}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}-\frac{d}{f_1 f_2}$

जहाँ f_1 एवं f_2 दोनों लेंसों की पृथक-पृथक फोकस दूरियाँ हैं।

लेंस की क्षमता (Power of a lens) **:** किसी लेंस की फोकस दूरी का व्युत्क्रम उसकी क्षमता कहलाती है। यदि किसी लेंस की फोकस दूरी f मीटर हो, तो उसकी क्षमता $P=\frac{1}{f}$ डायोप्टर (Dioptre) होती है। (लेंस की क्षमता का मात्रक डायोप्टर होती है) 1 मीटर फोकस-दूरी वाले लेंस की क्षमता 1 डायोप्टर होती है। उत्तल लेंस की क्षमता धनात्मक व अवतल लेंस की क्षमता ऋणात्मक होती है।

संयुक्त लेंस की क्षमता : यदि दो लेंसों को परस्पर सटा के रख दे तो उनकी क्षमताएं जुड़ जाती हैं तथा संयुक्त लेंस की क्षमता दोनों लेंसों की क्षमताओं के योग के बराबर होती है अर्थात् $P = P_1 + P_2$ जैसे— $P_1 = -1{\cdot}5D$, $P_2 = +2{\cdot}5D$ $\therefore P = P_1 + P_2 = -1{\cdot}5 + 2{\cdot}5 = +1D$

[d दूरी से अलग लेंसों की संयुक्त क्षमता, $P_{eq} = P_1 + P_2 - dP_1P_2$]

लेंस की क्षमता में परिवर्तन : लेंस को किसी द्रव में डुबाने पर उसकी फोकस-दूरी व क्षमता दोनों बदल जाती है। यह लेंस एवं द्रव के अपवर्तनांक पर निर्भर करता है। मान लिया कि μ अपवर्तनांक वाले लेंस को μ' अपवर्तनांक वाले द्रव में डुबाया जाता है, तो निम्नांकित तीन स्थितियाँ उत्पन्न होंगी—

(i) $\mu > \mu'$ अर्थात् जब लेंस को ऐसे द्रव में डुबाया जाता है जिसका अपवर्तनांक लेंस के अपवर्तनांक से कम है। ऐसी स्थिति में लेंस की क्षमता घट जाती है, अर्थात् उसकी फोकस दूरी बढ़ जाती है। लेंस की प्रकृति पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। उदाहरण के लिए कांच ($\mu = 1.5$) के लेंस को पानी ($\mu = 1.33$) में डुबाने पर।

(ii) $\mu = \mu'$ अर्थात् जब लेंस को समान अपवर्तनांक वाले द्रव में डुबाते है। ऐसी स्थिति में लेंस की फोकस दूरी अनंत हो जाती है, जिससे उसकी क्षमता समाप्त हो जाती है। वह एक समतल प्लेट की भांति व्यवहार करता है। ऐसे द्रव में लेंस को डुबाने पर लेंस दिखाई नहीं देता है।

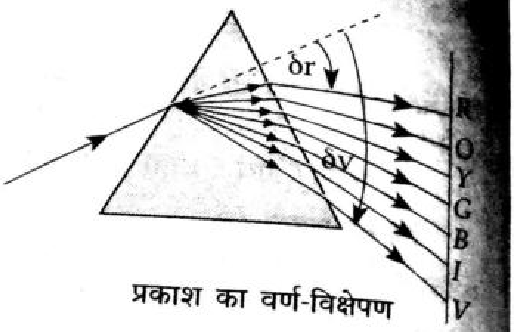
(iii) $\mu < \mu'$ अर्थात् जब लेंस को ऐसे द्रव में डुबाया जाता है, जिसका अपवर्तनांक लेंस के अपवर्तनांक से अधिक है। ऐसी स्थिति में फोकस दूरी बढ़ जाती है, जिससे उसकी क्षमता घट जाती है। इसके साथ-साथ लेंस की प्रकृति भी बदल जाती है, अर्थात् उत्तल लेंस, अवतल लेंस की भांति और अवतल लेंस, उत्तल लेंस की भांति व्यवहार करने लगता है। उदाहरण के लिए पानी ($\mu'=1.33$) के अन्दर हवा का बुलबुला ($\mu=1.00$) दिखाई तो उत्तल लेंस की भांति देता है, परन्तु व्यवहार अवतल लेंस के समान करता है। कांच ($\mu = 1.5$) के लेंस को कार्बन डाइसल्फाइड ($\mu'= 1.68$) में डुबाने पर उत्तल लेंस, अवतल लेंस के समान तथा अवतल लेंस, उत्तल लेंस के समान व्यवहार करता है।

6. प्रकाश का वर्ण विक्षेपण

प्रकाश का वर्ण विक्षेपण (Dispersion of Light) **:** जब सूर्य का प्रकाश प्रिज्म से होकर गुजरता है, तो वह अपवर्तन के पश्चात् प्रिज्म के आधार की ओर झुकने के साथ-साथ विभिन्न रंगों के प्रकाश में बँट जाता है। इस प्रकार से प्राप्त रंगों के समूह को वर्णक्रम (spectrum) कहते हैं तथा श्वेत प्रकाश को अपने अवयवी रंगों में विभक्त होने की क्रिया को वर्ण विक्षेपण कहते हैं। सूर्य के प्रकाश से प्राप्त रंगों में बैंगनी रंग का विक्षेपण सबसे अधिक एवं लाल रंग का विक्षेपण सबसे कम होता है। विभिन्न रंगों का आधार से ऊपर की ओर क्रम इस प्रकार है— बैंगनी (Violet),

नील या जामुनी (Indigo), आसमानी या नीला (Blue), हरा (Green), पीला (Yellow), ना (Orange) तथा लाल (Red)। [बैनीआहपीनाला–VIBGYOR]

न्यूटन ने सन् 1666 ई० में पाया कि भिन्न-भिन्न रंग भिन्न-भिन्न कोणों से विक्षेपित होते हैं। वर्ण विक्षेपण किसी पारदर्शी पदार्थ में भिन्न-भिन्न रंगों के प्रकाश के भिन्न-भिन्न चाल होने के कारण होता है। अतः किसी पदार्थ का अपवर्तनांक भिन्न-भिन्न रंगों के प्रकाश के लिए भिन्न-भिन्न होता है। पारदर्शी पदार्थ में जैसे-जैसे प्रकाश के रंगों का अपवर्तनांक बढ़ता जाता है, वैसे-वैसे उस पदार्थ में उसकी चाल कम होती जाती है; जैसे—काँच में बैंगनी रंग के प्रकाश की चाल सबसे कम तथा अपवर्तनांक सबसे अधिक होता है तथा लाल रंग की चाल सबसे अधिक एवं अपवर्तनांक सबसे कम होता है। शेष रंगों की चाल इन दोनों रंगों के बीच होता है। बैंगनी रंग के प्रकाश की तरंगदैर्घ्य (wave length) सबसे कम व लाल रंग की तरंगदैर्घ्य सबसे अधिक होती है। प्रकाश की तरंगदैर्घ्य को एंगस्ट्राम (Angstrom) में मापते है तथा इसे A° से व्यक्त करते हैं। ($1A^\circ = 10^{-10}\, m$)



प्रकाश का वर्ण-विक्षेपण

कुछ प्रमुख रंगों के तरंगदैर्घ्य

रंग	तरंगदैर्घ्य (A° में)
बैंगनी	3969 A°
नीला	4861 A°
पीला	5893 A°
लाल	6563 A°

इन्द्रधनुष (Rainbow): परावर्तन, पूर्ण आन्तरिक परावर्तन तथा अपवर्तन द्वारा वर्ण विक्षेपण का सबसे अच्छा उदाहरण इन्द्रधनुष है।

इन्द्रधनुष दो प्रकार के होते हैं—(i) प्राथमिक इन्द्रधनुष (Primary rainbow) (ii) द्वितीयक इन्द्रधनुष (Secondary rainbow)

(i) प्राथमिक इन्द्रधनुष: जब बूँदों पर आपतित होने वाली सूर्य की किरणों का दो बार अपवर्तन व एक बार परावर्तन होता है, तो प्राथमिक इन्द्रधनुष का निर्माण होता है। प्राथमिक इन्द्रधनुष में लाल रंग बाहर की ओर और बैंगनी रंग अन्दर की ओर होता है। इसमें अन्दर वाली बैंगनी किरण आँख पर 40°8′ तथा बाहर वाली लाल किरण आँख पर 42°8′ का कोण बनाती है।

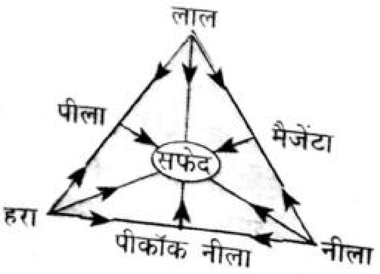
(ii) द्वितीयक इन्द्रधनुष: जब बूँदों पर आपतित होने वाली सूर्य-किरणों का दो बार अपवर्तन व दो बार परावर्तन होता है, तो द्वितीयक इन्द्रधनुष का निर्माण होता है। इसमें बाहर की ओर बैंगनी रंग एवं अन्दर की ओर लाल रंग होता है। बाहर वाली बैंगनी किरण आँख पर 54°52′ का कोण तथा अन्दर वाली लाल किरण 50°8′ का कोण बनाती है।

नोट: *द्वितीयक इन्द्रधनुष प्राथमिक इन्द्रधनुष की अपेक्षा कुछ धुँधला दिखलाई पड़ता है।*

प्राथमिक, द्वितीयक तथा पूरक रंग (Primary, Secondary and Complementary colours)

लाल, हरा एवं नीला रंग को प्राथमिक रंग कहते हैं। पीला, मैजेंटा एवं पीकॉक नीला को द्वितीयक रंग कहते हैं। यह दो प्राथमिक रंगों को मिलाने से प्राप्त होता है। जैसे—

लाल + नीला → मैजेंटा (Magenta)
हरा + नीला → पीकॉक नीला (Cyan)
लाल + हरा → पीला (Yellow)



जब दो रंग परस्पर मिलने से श्वेत प्रकाश उत्पन्न करते हैं, तो उन्हें पूरक रंग कहते हैं। जैसे—

लाल + पीकॉक नीला → सफेद
नीला + पीला → सफेद
हरा + मैजेंटा → सफेद
लाल + हरा + नीला → सफेद

दैनिक जीवन में प्रयोग किए जाने वाले रंगों को मिलाने से इस प्रकार के रंग प्राप्त नहीं होते, क्योंकि प्रयोग में लाए जाने वाले रंगों में अशुद्धियाँ होती हैं।

नोट : *रंगीन टेलीविजन में प्राथमिक रंग लाल, हरा एवं नीला का उपयोग किया जाता है।*

वस्तुओं के रंग (Colour of Objects) : वस्तु जिस रंग का दिखलाई देती है, वह वास्तव में उसी रंग को परावर्तित करती है, शेष सभी रंगों को अवशोषित कर लेती है, जो वस्तु सभी रंगों को परावर्तित कर देती है, वह श्वेत दिखलाई पड़ती है, क्योंकि सभी रंगों का मिश्रित प्रभाव सफेद होता है। जो वस्तु सभी रंगों को अवशोषित कर लेती है और किसी भी रंग को परावर्तित नहीं करती है वह काली दिखाई देती है। इसलिए जब लाल गुलाब को हरा शीशा के माध्यम से देखा जाता है, तो वह काला दिखलाई पड़ता है, क्योंकि उसे परावर्तित करने के लिए लाल रंग नहीं मिलता और हरे रंग को वह अवशोषित कर लेता है।

विभिन्न वस्तुओं पर विभिन्न रंगों की किरणें डालने पर वे किस तरह की दिखती हैं; इसे निम्नलिखित तालिका में देखा जा सकता है।

वस्तु के नाम	**सफेद किरणों में**	**लाल किरणों में**	**हरी किरणों में**	**पीली किरणों में**	**नीली किरणों में**
सफेद कागज	सफेद	लाल	हरा	पीला	नीला
लाल कागज	लाल	लाल	काला	काला	काला
हरा कागज	हरा	काला	हरा	काला	काला
पीला कागज	पीला	काला	काला	पीला	काला
नीला कागज	नीला	काला	काला	काला	नीला

7. प्रकाश तरंगों का व्यतिकरण

प्रकाश तरंगों का व्यतिकरण (Interference of Light) : जब समान आवृत्ति की दो प्रकाश तरंगें किसी माध्यम में एक ही दिशा में गमन करती हैं, तो उनके अध्यारोपण के फलस्वरूप प्रकाश की तीव्रता में परिवर्तन हो जाता है। इस घटना को प्रकाश का व्यतिकरण कहते हैं। व्यतिकरण दो प्रकार के होते हैं—(i) संपोषी व्यतिकरण (Constructive Interference) (ii) विनाशी व्यतिकरण (Destructive Interference)

(i) संपोषी व्यतिकरण : माध्यम के जिस बिन्दु पर दोनों तरंगें समान कला (phase) में मिलती हैं, वहाँ प्रकाश की परिणामी तीव्रता अधिकतम होती है, इसे संपोषी व्यतिकरण कहते हैं।

(ii) विनाशी व्यतिकरण : माध्यम के जिस बिन्दु पर दोनों तरंगें विपरीत कला में मिलती हैं, वहाँ प्रकाश की तीव्रता न्यूनतम या शून्य होती है। इस प्रकार के व्यतिकरण को विनाशी व्यतिकरण कहते हैं।

प्रकाश के व्यतिकरण के उदाहरण

(i) जल की सतह पर फैली हुई किरासन तेल (Kerosene Oil) की परत का सूर्य के प्रकाश में रंगीन दिखाई देना।

(ii) साबुन के बुलबुलों का रंगीन दिखाई देना, आदि।

8. प्रकाश तरंगों का ध्रुवण

प्रकाश तरंगों का ध्रुवण (Polarisation of Light Waves) : ध्रुवण प्रकाश संबंधी ऐसी घटना है, जो अनुदैर्घ्य तरंग (Longitudinal Wave) और अनुप्रस्थ तरंग (Transverse Wave) में अन्तर स्पष्ट करती है। अनुदैर्घ्य तरंग में ध्रुवण की घटना नहीं होती, जबकि अनुप्रस्थ तरंग में ध्रुवण की घटना होती है। यदि प्रकाश तरंग के कम्पन प्रकाश संचरण की दिशा के लम्बवत् तल में एक ही दिशा में हों, प्रत्येक दिशा में सममित न हों, तो इस प्रकाश को समतल ध्रुवित प्रकाश कहते हैं। प्रकाश संबंधी यह घटना **ध्रुवण** कहलाती है। साधरण प्रकाश में विद्युत् वेक्टर के कम्पन

प्रकाश संचरण की दिशा के लम्बवत् तल में प्रत्येक दिशा में समान रूप से अथवा समभित होते हैं; ऐसे प्रकाश को अध्रुवित प्रकाश (Unpolarised Light) कहते हैं। प्रकाश स्रोतों विद्युत् बल्ब, मोमबत्ती, ट्यूब-लाइट, आदि से उत्सर्जित प्रकाश अध्रुवित प्रकाश होते हैं।

समतल ध्रुवित प्रकाश उत्पन्न करने के लिए पोलराइडों (Polaroids) का प्रयोग किया जाता है। यह एक बड़े आकार की फिल्म होती है, जिसे दो काँच प्लेटों के बीच रखा जाता है। फिल्म नाइट्रो सेलुलोज (nitro cellulose) तथा हरपेथाइट (herpathited) के मिश्रण की होती है। पोलराइडों का हमारे जीवन में काफी उपयोग है। जैसे—पानी से भींगी सड़कों, अत्यधिक श्वेत प्रकाश अथवा चमकीले सतहों, आदि से परावर्तित प्रकाश की चकाचौंध से बचने के लिए इनका प्रयोग किया जाता है। जब दो कारें एक-दूसरे की ओर आती हैं, तो उनके प्रकाश के कारण चकाचौंध से दुर्घटना हो सकती है। इसे रोकने के लिए कारों में पोलराइडों का उपयोग किया जाता है। सिनेमाघर में पोलराइड के चश्मे पहनकर तीन विमाओं वाले चित्रों को देखा जाता है। इसी प्रकार फोटोग्राफी करने में, किसी विलयन में शर्करा की सान्द्रता ज्ञात करने में, धातुओं के प्रकाशीय गुणों के अध्ययन करने में भी पोलराइडों का प्रयोग किया जाता है।

9. प्रकाश का विवर्तन

प्रकाश का विवर्तन (Diffraction of Light) : यदि किसी प्रकाश-स्रोत व पर्दे के बीच कोई अपारदर्शी अवरोध (obstacle) रख दिया जाए, तो हमें पर्दे पर अवरोध की स्पष्ट छाया (shadow) दिखलायी पड़ती है। इससे स्पष्ट होता है कि प्रकाश का संचरण सीधी रेखा में होती है। लेकिन यदि अवरोध का आकार बहुत छोटा हो, तो प्रकाश अपने सरल रेखीय संचरण से हट जाता है, वह अवरोध के किनारों पर मुड़कर छाया में प्रवेश कर जाता है। प्रकाश के इस प्रकार अवरोध के किनारों पर थोड़ा मुड़कर उसकी छाया में प्रवेश करने की घटना को **प्रकाश का विवर्तन** कहते हैं। विवर्तन के कारण अवरोध की छाया के किनारे तीक्ष्ण (sharp) नहीं होते हैं। प्रकाश के विवर्तन के कारण ही दूरदर्शी में तारों के प्रतिबिम्ब तीक्ष्ण बिन्दुओं की तरह दिखायी न देकर अस्पष्ट धब्बों की तरह दिखायी देते हैं। प्रकाश का विवर्तन अवरोध के आकार पर निर्भर करता है। यदि अवरोध का आकार प्रकाश की तरंगदैर्घ्य की कोटि (order) का है, तो विवर्तन स्पष्ट होता है और यदि अवरोध का आकार प्रकाश की तरंगदैर्घ्य की तुलना में बहुत बड़ा है, तो विवर्तन उपेक्षणीय होता है।

प्रकाश का विवर्तन इसके तरंग प्रकृति की पुष्टि करता है। ध्वनि तरंगों की तरंगदैर्घ्य प्रकाश के तरंगदैर्घ्य की तुलना में बहुत अधिक होती है, इस कारण से ध्वनि तरंगों में विवर्तन की घटना आसानी से देखने को मिलती है। ध्वनि तरंगें अवरोधों पर आसानी से मुड़कर हमें सुनाई देती हैं, जबकि प्रकाश तरंगों का तरंगदैर्घ्य हमारे जीवनोपयोगी वस्तुओं के आकार की तुलना में बहुत छोटी होती है, जिसके कारण हमें प्रकाश के विवर्तन की घटना साधारणतया देखने को नहीं मिलती है।

10. प्रकाश का प्रकीर्णन

प्रकाश का प्रकीर्णन (Scattering of Light) : जब प्रकाश किसी ऐसे माध्यम से गुजरता है, जिसमें धूल तथा अन्य पदार्थों के अत्यन्त सूक्ष्म कण होते हैं, तो इनके द्वारा प्रकाश सभी दिशाओं में (कुछ दिशाओं में कम तथा कुछ में अधिक) प्रसारित हो जाता है। इस घटना को प्रकाश का प्रकीर्णन कहते हैं। **लॉर्ड रैले** (Lord Rayleigh) के अनुसार किसी रंग का प्रकीर्णन उसकी तरंगदैर्घ्य पर निर्भर करता है तथा जिस रंग के प्रकाश की तरंगदैर्घ्य **सबसे कम** होती है, उस रंग का प्रकीर्णन **सबसे** अधिक तथा जिस रंग के प्रकाश की तरंगदैर्घ्य **सबसे** अधिक होती है, उस रंग का प्रकीर्णन सबसे कम होता है। यही कारण है कि सूर्य के प्रकाश में बैंगनी रंग, जिसकी तरंगदैर्घ्य सबसे कम होती है का प्रकीर्णन सबसे अधिक तथा लाल रंग, जिसकी तरंगदैर्घ्य सबसे अधिक होती है का प्रकीर्णन सबसे कम होता है।

प्रकाश के प्रकीर्णन के उदाहरण : प्रकाश के प्रकीर्णन के कई उदाहरण दैनिक जीवन में देखने को मिलते हैं—

(i) आकाश का रंग सूर्य के प्रकाश के प्रकीर्णन के कारण नीला दिखायी देता है : जब सूर्य का प्रकाश जो कि विभिन्न रंगों का मिश्रण है, वायुमंडल से होकर गुजरता है, तो वायु में उपस्थित विभिन्न अणुओं, धूल एवं धुएँ के कणों द्वारा उसका प्रकीर्णन हो जाता है। दिन के समय जब सूर्य सीधा आकाश में मनुष्य के सिर के ऊपर होता है, तो मनुष्य केवल प्रकीर्णित प्रकाश ही देख पाता है। चूँकि बैंगनी रंग का प्रकीर्णन सबसे अधिक व लाल रंग का सबसे कम होता है, अतः प्रकीर्णित प्रकाश का मिश्रित रंग (composite colour) हल्का नीला होता है। इसी कारण आकाश नीला दिखाई देता है।

(ii) सूर्य उगते व डूबते समय प्रकीर्णन के कारण ही लाल दिखाई देता है : जब सूर्य उगता है या डूबता है, तो उसके प्रकाश को हम तक पहुँचने में वायुमंडल के धूल आदि कणों से होकर अधिक दूरी तय करनी पड़ती है, जिससे उसका इन कणों से प्रकीर्णन हो जाता है। चूँकि अन्य रंगों की तुलना में लाल रंग के प्रकाश का प्रकीर्णन सबसे कम होता है, अतः हम तक पहुँचने वाले प्रकाश में लाल रंग का आधिक्य रहता है, जिसके कारण सूर्य उगते व डूबते समय लाल दिखायी देता है।

(iii) जब सूर्य दिन के समय सिर के ऊपर होता है, तो प्रकाश को वायुमंडल में कम दूरी तय करनी पड़ती है, जिससे प्रकीर्णन कम होता है, व सूर्य सफेद दिखाई पड़ता है।

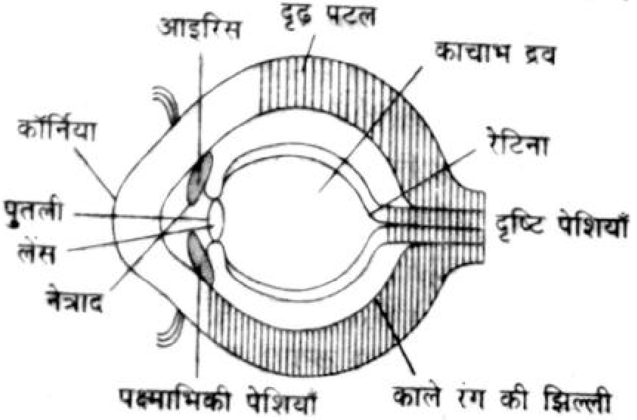
(iv) समुद्र का पानी भी प्रकीर्णन के कारण नीला दिखाई देता है।

नोट : *जब अंतरिक्ष यात्री चन्द्रमा के तल पर खड़े होते हैं, तो वहाँ से आकाश इन्हें काला दिखायी देता है। चन्द्रमा पर कोई वायुमंडल नहीं होने के कारण वहाँ पर सूर्य के प्रकाश का प्रकीर्णन नहीं होता है, जिससे आकाश काला दिखाई देता है। वास्तव में पृथ्वी के वायुमंडल से ऊपर जाने पर वायुमंडल के अनुपस्थित होने के कारण अंतरिक्ष में सभी स्थानों पर आकाश काला दिखाई देता है।*

वर्ण-विपथन (Chromatic aberration) : जब हम श्वेत प्रकाश से लेंस द्वारा किसी वस्तु का प्रतिबिम्ब बनाते हैं, तो प्रतिबिम्ब प्रायः रंगीन व अस्पष्ट होता है। लेंस द्वारा उत्पन्न प्रतिबिम्ब के इस दोष को ही वर्ण विपथन कहते हैं। यह दोष इसीलिए उत्पन्न होता है, क्योंकि लेंस के पदार्थ का अपवर्तनांक तथा इसके कारण लेंस की फोकस दूरी भिन्न-भिन्न रंगों के लिए भिन्न-भिन्न होती है।

11. मानव नेत्र

मानव नेत्र (Human Eye) : आँख शरीर का एक महत्वपूर्ण अंग है, जिसकी सहायता से हम वस्तुओं को देखते हैं। आँख एक कैमरे की भाँति कार्य करती है। आँख बाहर से एक कठोर व अपारदर्शी श्वेत झिल्ली से ढकी रहती है, जिसे **दृढ़ पटल** (sclerotic) कहते है। दृढ़ पटल के सामने वाला भाग कुछ उभरा हुआ रहता है, जिसे **कॉर्निया** (Cornea) कहते हैं। नेत्रदान में इसे ही दान किया जाता है। आँख में प्रकाश कार्निया से होकर ही प्रवेश करता है। कॉर्निया के पीछे एक रंगीन अपारदर्शी झिल्ली का पर्दा होता है, जिसे **परितारिका या आइरिस** (Iris) कहते हैं। आइरिश के बीच में एक छेद होता है, जिसे **आँख की पुतली** (Pupil) अथवा नेत्र तारा कहते है। आइरिश का कार्य आँख में जाने वाले प्रकाश की मात्रा को नियंत्रित करना होता है। अधिक प्रकाश में यह स्वतः सिकुड़कर छोटा हो जाता है तथा अंधेरे या कम प्रकाश में स्वतः फैल जाता है। पुतली के पीछे **नेत्र लेंस** (Eye Lens) होता है। इस लेंस के पिछले भाग की वक्रता त्रिज्याएँ



मानव नेत्र

छोटी तथा अगले भाग की बड़ी होती है। यह कई परतों का बना होता है, जिसके बाहर से अन्दर की ओर बढ़ते जाते हैं तथा माध्य अपवर्तनांक लगभग 1.44 होता है। स्थान पर मांसपेशियों के बीच टिका रहता है तथा उसमें अपनी फोकस दूरी को बदलने की होती है। कॉर्निया और आँख के लेंस के बीच में एक नमकीन पारदर्शी द्रव भरा रहता है, नेत्रोद या जलीय द्रव (Aqueous Humour) कहते हैं। इसका अपवर्तनांक 1.336 होता है। के लेंस के पीछे एक अन्य पारदर्शी द्रव होता है, जिसे काचाभ द्रव (Vitreous Humour) हैं। इसका अपवर्तनांक भी 1.336 होता है। दृढ़ पटल के नीचे काले रंग की एक झिल्ली होती जिससे रक्तक पटल (Choroid) कहते हैं। यह प्रकाश को शोषित करके प्रकाश के आन्तरि परावर्तन को रोकती है। इस झिल्ली के नीचे आँख के सबसे भीतर एक पारदर्शी झिल्ली होती है, जिसे दृष्टि पटल या रेटिना (Retina) कहते हैं। यह दृष्टि शिराओं या तंत्रिकाओं (Optic Nerves) की एक फिल्म होती है। ये शिराएँ वस्तुओं के प्रतिबिम्बों के रूप, रंग और आकार का ज्ञान मस्तिष्क तक पहुँचाती हैं। किसी वस्तु से चलने वाली प्रकाश किरणें कॉर्निया तथा नेत्रोद से गुजरने के बाद लेंस पर आपतित होती है तथा इससे अपवर्तित होकर काचाभ द्रव से होती हुई रेटिना पर पड़ती हैं। रेटिना पर वस्तु का प्रतिबिम्ब उल्टा एवं वास्तविक बनता है। प्रतिबिम्ब बनने का संदेश दृष्टि तंत्रिकाओं द्वारा मस्तिष्क तक पहुँचता है और वहाँ उसे वस्तु की शक्ल के रूप में समझा जाता है। समझने की यह क्रिया वस्तु की उस छाया को उलट देती है जो रेटिना पर उल्टे रूप में पड़ती है, और इस तरह हमें वस्तु उलटी नहीं बल्के सीधी दिखाई देती है। इस प्रकार, स्पष्ट है कि रेटिना पर बने उल्टे प्रतिबिम्ब को सीधा करने का काम मस्तिष्क दृष्टि तंत्रिका के माध्यम से करता है। जिस स्थान पर दृष्टि शिरा रेटिना को छेदकर मस्तिष्क में जाती है, उस स्थान पर प्रकाश का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। इस स्थान को अन्ध बिन्दु (Blind spot) कहते हैं। रेटिना के बीचों-बीच एक पीला भाग होता है, जहाँ पर बना हुआ प्रतिबिम्ब सबसे अधिक स्पष्ट दिखाई देता है। इसे पीत-बिन्दु (Yellow spot) कहते हैं।

आँख की समंजन क्षमता (Power of Accommodation of Eye) : किसी वस्तु को स्पष्ट देखने के लिए यह आवश्यक है कि उससे चलने वाली प्रकाश किरणें रेटिना पर ही केन्द्रित हों। यदि किरणें रेटिना के आगे या पीछे केन्द्रित होगी तो वह वस्तु हमें दिखाई नहीं देगी। सामान्य अवस्था में दूर की वस्तुओं से चलने वाली किरणें स्वतः ही रेटिना पर ही केन्द्रित होती हैं, जिससे आँख की मांसपेशियों पर कोई तनाव नहीं पड़ता एवं वस्तु हमें दिखायी देने लगती है। यह आँख की सामान्य स्थिति होती है। इस स्थिति में आँख के लेंस की फोकस दूरी सबसे अधिक होती है। जब आँख किसी समीप की वस्तु को देखता है, तो मांसपेशियाँ सिकुड़कर लेंस के तलों की वक्रता-त्रिज्याओं को छोटी कर देती हैं। इससे आँख के लेंस की फोकस दूरी कम हो जाती है और वस्तु का स्पष्ट प्रतिबिम्ब पुनः रेटिना पर बन जाता है। आँख की इस प्रकार फोकस दूरी को कम करने की क्षमता को समंजन क्षमता कहते हैं। ज्यों-ज्यों हम अधिक पास की वस्तुओं को देखते हैं, त्यों-त्यों समंजन क्षमता अधिक लगानी पडती है। परन्तु समंजन क्षमता लगाने की भी एक सीमा होती है। यदि वस्तु को आँख के बहुत निकट लाया जाए तो वह स्पष्ट दिखाई नहीं देगी। वह निकटतम बिन्दु जिसे आँख अपनी अधिकतम समंजन क्षमता लगाकर स्पष्ट देख सकता है, आँख का निकट-बिन्दु (Near Point) कहलाता है। आँख से निकट-बिन्दु की दूरी स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी (Least Distance of Distinct Vision) कहलाती है। सामान्य नेत्र (normal eye) के लिए यह दूरी 25 cm होती है। इसके विपरीत, वह दूरतम बिन्दु जिसे आँख बिना समंजन क्षमता लगाए स्पष्ट देख सकता है, नेत्र का दूर-बिन्दु (Far Point) कहलाता है। सामान्य आँख के लिए दूर बिन्दु अनन्त (infinity) पर होता है।

रंग दृष्टि (Colour Vision) : रेटिना में दो प्रकार की प्रकाश संवेदनशील कोशिकाएँ होती हैं—शंकु (cones) तथा छड़ (rods)। शंकु के आकार की कोशिकाएँ रंगों के अनुरूप प्रतिक्रिया करती हैं और इन्हीं से हमें रंग का आभास होता है। छड़ के आकार की कोशिकाएँ प्रकाश की तीव्रता के अनुरूप प्रतिक्रिया करती है। ये धुंधले प्रकाश के प्रति अधिक संवेदनशील होती हैं,

इसलिए अंधेरे में भी हम किसी वस्तु का अनुमान लगा पाते हैं। जब प्रकाश अधिक चमकीला हो जाता है, तो छड़ कार्य करना कम कर देते हैं और शंकु संवेदनशील हो जाते हैं। एक सामान्य व्यक्ति के रेटिना में तीन प्रकार की शंकु कोशिकाएँ होती हैं। पहले प्रकार की कोशिकाएँ छोटे तरंगदैर्घ्य वाले प्रकाश जैसे—नीले वर्ण के प्रकाश के प्रति अधिक संवेदनशील होती हैं, दूसरे प्रकार की कोशिकाएँ मध्यम तरंगदैर्घ्य वाले प्रकाश के प्रति संवेदनशील होती हैं—जैसे हरे रंग के प्रकाश के प्रति और तीसरे प्रकार की शंकु कोशिकाएँ बड़े तरंगदैर्घ्य वाले प्रकाश के प्रति अधिक संवेदनशील होती हैं, जैसे—लाल रंग के लिए।

वर्ण अनुकूलन (Chromatic Adaptation) : यदि किसी चमकीले रंगीन कागज को आधा ढँक दिया जाये और खुले आधे भाग को लगातार 30 सेकण्ड तक देखने के बाद ढंके हुए आधे भाग को हटाकर देखा जाए, तो पहले वाला भाग बाद वाले भाग की तुलना में कम चमकीला दिखाई देगा। इस घटना को ही वर्ण अनुकूलन कहते हैं।

अनुक्रमिक वैषम्य (Successive Contrast) : यदि हम 30 सेकण्ड तक किसी रंगीन प्रतिबिम्ब की ओर देखें और फिर किसी उजली सतह पर देखें तो इसमें एक अनुप्रतिबिम्ब (after image) बनता है, जिसका आकार वास्तविक प्रतिबिम्ब के बराबर होता है, लेकिन इसका रंग भिन्न होता है। यदि वास्तविक प्रतिबिम्ब लाल था, तो अनुप्रतिबिम्ब हरा होगा और यदि वास्तविक प्रतिबिम्ब हरा था तो अनुप्रतिबिम्ब लाल होगा। नीला क्षेत्र पीला तथा पीला क्षेत्र नीला हो जाता है। उजले और काले भी परस्पर उल्टे हो जाते है। इस प्रकार की वर्ण दृष्टि को तकनीकी रूप से आनुक्रमिक वैषम्य कहा जाता है।

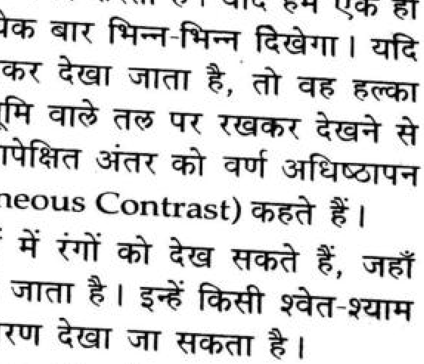
वर्ण अधिष्ठापन या **समकालिक वैषम्य** (Chromatic Induction or Simultaneous Contrast) : किसी वर्ण की दृष्टि उसके चारों ओर के रंग पर निर्भर करती है। यदि हम एक ही रंग को विभिन्न पृष्ठीय रंगों के ऊपर रखकर देखें, तो वह प्रत्येक बार भिन्न-भिन्न दिखेगा। यदि किसी रंग को किसी गहरे रंग की पृष्ठभूमि वाले तल पर रखकर देखा जाता है, तो वह हल्का दिखाई देता है, जबकि उसी रंग को किसी हल्के रंग के पृष्ठभूमि वाले तल पर रखकर देखने से वह गहरे रंग का दिखाई देता है। रंगों के दिखाई देने में इस आपेक्षित अंतर को वर्ण अधिष्ठापन (Chromatic Induction) या समकालिक वैषम्य (Simultaneous Contrast) कहते हैं।

प्रेतवर्ण (Phantom Colour) : कभी-कभी हम उन क्षेत्रों में रंगों को देख सकते हैं, जहाँ केवल उजले और काले क्षेत्र होते हैं। ऐसे रंगों को प्रेतवर्ण कहा जाता है। इन्हें किसी श्वेत-श्याम टी० वी० (T.V.) पर भी कभी-कभी तस्वीरों की द्रुत गति के कारण देखा जा सकता है।

दृष्टिदोष (Defects of Vision) : एक सामान्य व्यक्ति में स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी 25 सेमी होती है। वह 25 सेमी से लेकर अनन्त पर स्थित वस्तु को अपनी रेटिना पर फोकस कर सकता है। लेकिन उम्र बढ़ने या अन्य कारणों से आँख की यह क्षमता कम या, समाप्त हो जाती है। इसका कारण आँख के लेंस में उत्पन्न गड़बड़ी होती है, इससे कई प्रकार के दृष्टि-दोष उत्पन्न होते हैं।

दृष्टिदोष के प्रकार

1. निकट दृष्टि दोष (Myopia or, Short Sightedness) : इस रोग से ग्रसित व्यक्ति नजदीक की वस्तु को देख लेता है, परन्तु दूर स्थित वस्तु को नहीं देख पाता है।



निकट दृष्टि दोष

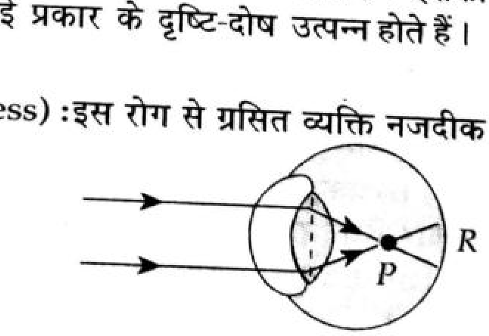
कारण : (i) लेंस की गोलाई बढ़ जाती है।

(ii) लेंस की फोकस दूरी घट जाती है।

(iii) लेंस की क्षमता बढ़ जाती है।

इस कारण वस्तु का प्रतिबिम्ब रेटिना पर न बनकर रेटिना के आगे बन जाता है।

रोग का निवारण : निकट दृष्टि दोष के निवारण के लिए उपयुक्त फोकस दूरी के अवतल लेंस का प्रयोग किया जाता है।



निकट दृष्टि दोष का उपचार

2. दूर दृष्टि दोष (Hypermetropia or, Long Sightedness) : इस रोग से प्र को दूर की वस्तु दिखलाई पड़ती है, निकट की वस्तु दिखलाई नहीं पड़ती है।

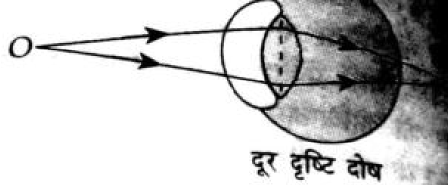
कारण : (i) लेंस की गोलाई कम हो जाती है।

(ii) लेंस की फोकस दूरी बढ़ जाती है।

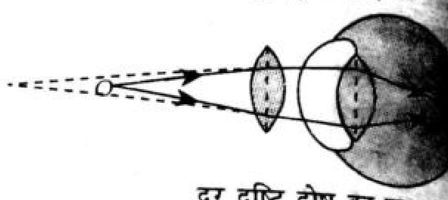
(iii) लेंस की क्षमता घट जाती है।

इस रोग में निकट की वस्तु का प्रतिबिम्ब रेटिना के पीछे बनता है।

रोग का निवारण : इस दोष के निवारण के लिए उपयुक्त फोकस दूरी के उत्तल लेंस का प्रयोग किया जाता है।



दूर दृष्टि दोष



दूर दृष्टि दोष का उपचार

3. जरा दृष्टि दोष (Presbyopia) : वृद्धावस्था के कारण आँख की समंजन क्षमता घट जाती है या समाप्त हो जाती है, जिसके कारण व्यक्ति न तो दूर की वस्तु और न निकट की ही वस्तु देख पाता है।

रोग का निवारण : इस रोग के निवारण के लिए द्विफोकसी लेंस (Bifocal Lens) का उपयोग किया जाता है।

4. दृष्टि वैषम्य या अबिन्दुकता (Astigmatism) : यह दोष नेत्र लेंस के क्षैतिज (horizontal) या उर्ध्वाधर (vertical) वक्रता में उत्पन्न होता है। इसमें नेत्र क्षैतिज दिशा में तो ठीक देख पाता है, परन्तु उर्ध्व दिशा में नहीं देख पाता है; या फिर नेत्र उर्ध्व दिशा में तो ठीक देख पाता है, परन्तु क्षैतिज दिशा में नहीं देख पाता है। इसके निवारण हेतु बेलनाकार लेंस (Cylindrical Lens) का प्रयोग किया जाता है।

5. वर्णांधता (Colour Blindness) : कुछ व्यक्तियों की आँखों में सभी रंगों को देखने की क्षमता नहीं होती। इसे **वर्णांधता** कहते हैं। वर्णांधता कई प्रकार और स्तर की होती है। यह रेटिना की शंक्वाकार कोशिकाओं के विभिन्न दोषों पर निर्भर करता है। वर्णांधता आनुवांशिक बीमारी होती है, इसका इलाज नहीं किया जा सकता है। इस बीमारी से ग्रसित व्यक्ति को हरे एवं लाल रंग की पहचान नहीं होती है।

6. दृष्टि निर्बंध (Persistence of Vision) : किसी वस्तु का प्रतिबिम्ब रेटिना पर 1/10 सेकण्ड तक रहता है। अतः यदि वस्तु को आँख के सामने से हटा दिया जाए तो वस्तु 1/10 सेकण्ड तक दिखाई देती रहेगी। दृष्टि का यह विशेष गुण दृष्टि निर्बंध कहलाता है। चलचित्र इसी सिद्धांत पर बनाया जाता है। दृष्टि निर्बंध के कारण ही उल्काएँ आकाश में लम्बी रेखा जैसा मालूम पड़ते है। तेजी से चलते हुए बिजली के पंखे भी इसी कारण अस्पष्ट दिखाई पड़ते हैं।

12. प्रकाशीय यंत्र

1. कैमरा (Camera) : इस यंत्र के द्वारा मनुष्यों, वस्तुओं तथा प्राकृतिक दृश्यों का स्थायी प्रतिबिम्ब फोटोग्राफिक प्लेट अथवा फिल्म पर लिया जाता है। ये दो प्रकार के होते हैं—**बॉक्स कैमरा** (Box camera) तथा फोल्डिंग कैमरा (Folding camera)। इनके मुख्य भाग निम्न हैं—

(i) प्रकाशरोधी बॉक्स : बॉक्स कैमरे में यह लकड़ी अथवा धातु की बनी होती है, जिसकी लम्बाई स्थिर रहती है। फोल्डिंग कैमरे में यह बॉक्स काले चमड़े या धौंकनी के ढंग का बना होता है, जिससे इसकी लम्बाई में परिवर्तन किया जा सकता है। बॉक्स चारों ओर से अच्छी तरह बन्द होता है, जिससे कि इसमें बाहर का प्रकाश प्रवेश नहीं कर पाता। बॉक्स के अन्दर का भाग काला पुता होता है, जिससे इसकी दीवारों पर प्रकाश का परावर्तन नहीं होता।

(ii) लेंस (Lens) : प्रकाशरोधी बॉक्स के आगे के भाग में एक उत्तल लेंस लगा रहता है, जिसे अभिदृश्यक लेंस (Objective Lens) कहते हैं। अच्छे कैमरों में अभिदृश्यक लेंस कई लेंसों से मिलकर बना होता है। इससे प्रतिबिम्ब के दोषों का निवारण हो जाता है।

(iii) डायफ्राम (Diaphragm) : अभिदृश्यक लेंस के ठीक सामने धातु का एक गोल पर्दा लगा होता है, जिसके बीच में एक छिद्र होता है, इसे **डायफ्राम** कहते हैं। डायफ्राम के छिद्र से

होकर ही प्रकाश कैमरे में प्रवेश करता है। छिद्र का आकार आवश्यकतानुसार बढ़ाया-घटाया जा सकता है।

(iv) शटर (Shutter) : लेंस के पीछे एक स्वतः चालित कपाट होता है, जिसे शटर कहते हैं। जब यह बन्द रहता है, तब कैमरे में प्रकाश प्रवेश नहीं करता। चित्र लेते समय इसे खोलकर प्लेट या फिल्म पर एक निश्चित समयान्तराल, जैसे—1/10, 1/50, 1/100, ... सेकण्ड के लिए प्रकाश डाला जा सकता है। इस समयान्तराल को उद्भासन काल (exposure time) कहते हैं। इसका मान लेंस के द्वारक (aperture), फिल्म की स्पीड तथा प्रकाश की तीव्रता के अनुसार निश्चित किया जाता है।

(v) घिसे काँच का पर्दा (Ground glass screen) : यह एक घिसे काँच की प्लेट होती है, जो कैमरे के पिछले भाग में लगी रहती है। इसकी लेंस से दूरी इस प्रकार समायोजित करते हैं कि इस पर फोटो खींचने वाली वस्तुओं का स्पष्ट प्रतिबिम्ब देखा जा सके। इसके बाद इसके स्थान पर फोटोग्राफिक फिल्म अथवा प्लेट लगा दी जाती है।

(vi) फोटोग्राफिक फिल्म (Photographic film) : यह सेल्युलॉइड की फिल्म होती है, जिस पर जिलेटिन में सिल्वर ब्रोमाइड की पतली तह जमी रहती है। जब इस पर प्रकाश गिरता है, तो रासायनिक क्रिया होती है। फिल्म के स्थान पर प्लेटों का भी प्रयोग किया जा सकता है।

कैमरा लेंस संबंधी कुछ शब्द

द्वारक (Aperture) : किसी लेंस या दर्पण के प्रभावी व्यास को उसका द्वारक कहते हैं।

आपेक्षिक द्वारक (Relative aperture) : यह लेंस के प्रभावी व्यास तथा फोकस-दूरी का अनुपात होता है।

$$\text{आपेक्षिक द्वारक} = \frac{\text{लेंस की प्रभावी व्यास}}{\text{लेंस की फोकस-दूरी}}$$

फोकसीय अनुपात (Focal ratio) : आपेक्षिक द्वारक के व्युत्क्रम (reciprocal) को फोकसीय अनुपात कहते हैं।

$$\text{फोकसीय अनुपात} = \frac{1}{\text{आपेक्षिक द्वारक}} = \frac{\text{फोकस-दूरी}}{\text{प्रभावी व्यास}}$$

f - संख्या (f-number) : फोकसीय अनुपात के संख्यात्मक मान को लेंस की f - संख्या कहते हैं।

$$f\text{ - संख्या} = \frac{\text{फोकस-दूरी}}{\text{प्रभावी व्यास}} = \frac{f}{d}$$

2. आवर्धन कांच या सरल सूक्ष्मदर्शी (Magnifying Glass or Simple Microscope) : यह एक कम फोकासान्तर का उत्तल लेंस होता है। इसके मुख्य फोकस के अन्दर रखी वस्तु का प्रतिबिम्ब सीधा, काल्पनिक तथा वस्तु से बड़ा होता है। यह एक आवर्धक शीशे की तरह व्यवहार करता है, क्योंकि प्रतिबिम्ब द्वारा आँख पर बनाया गया कोण खुली आँख पर वस्तु द्वारा बनाए गए कोण से बड़ा होता है। उत्तल लेंस जितना वक्रीय होगा, उसके द्वारा आवर्धन उतना अधिक होगा, क्योंकि उसका फोकस कम होने से वस्तु का प्रतिबिम्ब आँख के और नजदीक बनेगा और फलतः आँख पर बनाया गया कोण भी बड़ा होगा और वस्तु बड़ी दिखाई पड़ेगी।

आवर्धन क्षमता (Magnifying Power) : किसी लेंस की आवर्धन क्षमता एक अनुपात है, जो प्रतिबिम्ब द्वारा आँख पर बनाए गए दर्शन कोण (β) और स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर रखी गई वस्तु द्वारा आँख पर बनाए गए दर्शन कोण (α) के बीच होता है। अर्थात्

आवर्धन क्षमता $(m) = \beta / \alpha$

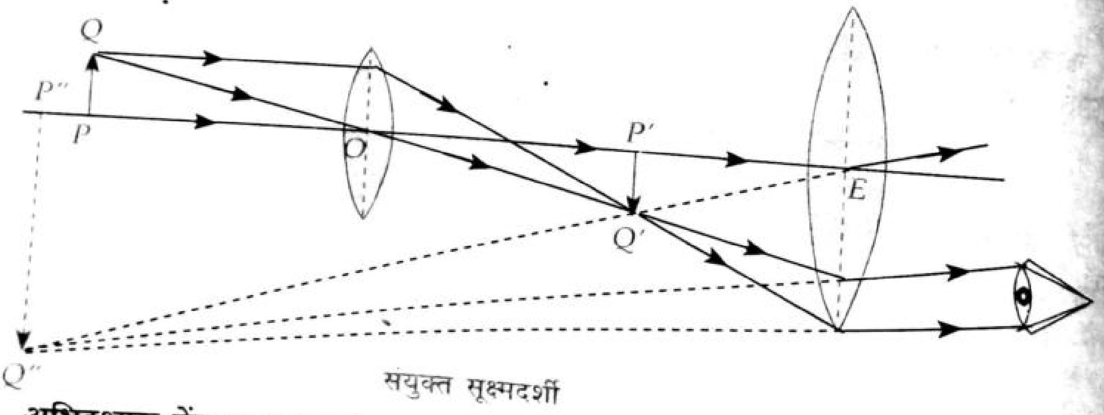
सरल सूक्ष्मदर्शी के लिए, $m = 1 + \dfrac{D}{f}$

जहाँ $D = 25$ सेमी० = स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी
f = सरल सूक्ष्मदर्शी के लेंस (उत्तल) की फोकस दूरी

लेंस के आवर्धन और आवर्धन क्षमता में अन्तर : आवर्धन और आवर्धन क्षमता दोनों का व्यवहार प्रायः समान अर्थ के रूप में किया जाता है। लेकिन दोनों में निम्न अन्तर है—

आवर्धन	आवर्धन क्षमता
1. यह रेखीय आवर्धन है। यह प्रतिबिम्ब और बिम्ब (वस्तु) के आकार का अनुपात है।	1. यह स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर स्थित के सापेक्ष कोणीय आवर्धन है। यह प्रतिबिम्ब आँख पर बनाए गए कोण तथा वस्तु द्वारा पर बनाए गए कोण (जब वस्तु स्पष्ट दृष्टि न्यूनतम दूरी पर रहती है) का अनुपात होता
2. प्रतिबिम्ब की दूरी बढ़ने पर इसका मान बढ़ता है।	2. प्रतिबिम्ब की दूरी बढ़ने पर इसका मान घट है।
3. फोकस दूरी (f) के मान के सापेक्ष इसका मान $-\infty$ और $+\infty$ के बीच कुछ भी हो सकता है।	3. इसका मान केवल D/f और $1 + D/f$ के बीच सकता है, जहाँ $D = 25$ सेमी०, $f =$ फोकस दूरी
4. प्रेक्षक से स्वतंत्र यह वस्तु की अपेक्षा प्रतिबिम्ब के वास्तविक आकार पर निर्भर करता है।	4. यह प्रेक्षक की स्थिति पर निर्भर करती है। यह प्रेक्षक की स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी (D) भी निर्भर करती है।
5. एक निश्चित शर्त के अधीन आवर्धन आवर्धन क्षमता के बराबर होता है।	5. यह आवर्धन की एक विशेष शर्त ($v = D$) है जहाँ $v =$ प्रतिबिम्ब की दूरी, $D = 25$ सेमी०

3. संयुक्त सूक्ष्मदर्शी (Compound Microscope): ऐसे सूक्ष्मदर्शी को जिनमें आवर्धन दो भागों में होता है, संयुक्त सूक्ष्मदर्शी कहते हैं। इसमें दो उत्तल लेंस होते हैं, जो एक नली में समाक्षीय (coaxilly) लगे रहते हैं। वस्तु के समीप रहने वाला लेंस को अभिदृश्यक लेंस (Objective Lens) और आँख के समीप रहने वाला लेंस को नेत्रिका लेंस (Eye Lens) कहते हैं।



संयुक्त सूक्ष्मदर्शी

अभिदृश्यक लेंस का द्वारक (aperture) एवं फोकस दूरी दोनों नेत्रिका लेंस की अपेक्षा छोटा होता है। इन दोनों लेंसों की फोकस दूरियाँ कम होती हैं। दोनों लेंसों को नली के अन्दर इस प्रकार समायोजित किया जाता है कि अभिदृश्यक से बना हुआ प्रतिबिम्ब नेत्रिका लेंस के लिए वस्तु का कार्य करता है, जिसका प्रतिबिम्ब अधिक आवर्धित स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर बनता है।

संयुक्त सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता (Magnifying power of compound Microscope): संयुक्त सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता—

$$m = m_o \times m_e = \frac{v_0}{u_0}\left(1 + \frac{D}{f_e}\right) = \frac{D \times L}{f_e \times f_0}$$

जहाँ $m_o =$ अभिदृश्यक लेंस की आवर्धन क्षमता, $m_e =$ नेत्रिका की आवर्धन क्षमता,

$v_o =$ अभिदृश्यक से प्रतिबिम्ब की दूरी, $u_o =$ अभिदृश्यक से बिम्ब की दूरी,

$D =$ स्पष्ट देखने की न्यूनतम दूरी, $f_e =$ नेत्रिका की फोकस दूरी,

$L =$ नली की लम्बाई, $f_o =$ अभिदृश्यक की फोकस दूरी

ऊपर के संबंध से स्पष्ट है कि संयुक्त सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता अधिक होने के लिए अभिदृश्यक एवं नेत्रिका लेंस का फोकसान्तर कम होना चाहिए। इस संबंध से यह भी स्पष्ट है कि यंत्र की आवर्धन क्षमता यंत्र की नली की लम्बाई L पर निर्भर करती है और L का मान बढ़ने से m का मान सीधे रूप से बढ़ता है।

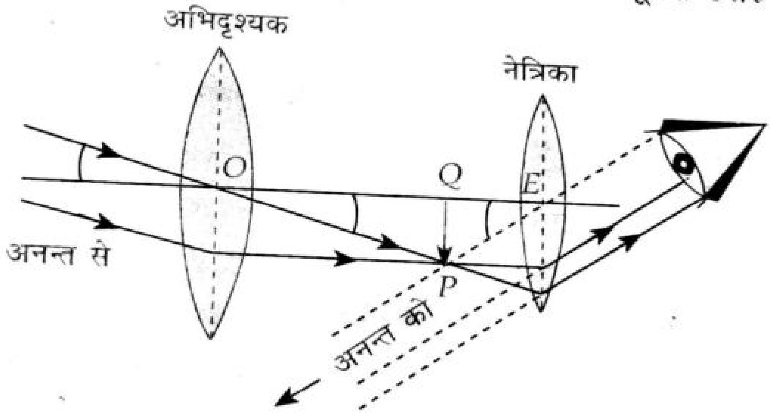
4. दूरबीन (Telescope) : दूरबीन एक ऐसा प्रकाशिक यंत्र है जिसकी सहायता से आकाशीय पिंडों अथवा बहुत अधिक दूरी पर स्थित वस्तुओं को आसानी से स्पष्ट रूप से देखा जाता है।

दूरबीन दो प्रकार के होते हैं—(A) अपवर्तक दूरबीन (Refracting Telescope)
(B) परावर्तक दूरबीन (Reflecting Telescope)

(A) अपवर्तक दूरबीन (Refracting Telescope) : यह तीन प्रकार के होते हैं—

(i) खगोलीय दूरबीन (Astronomical Telescope)
(ii) पार्थिव दूरबीन (Terresterial Telescope)
(iii) गैलीलियन दूरबीन (Galilean Telescope)

(i) खगोलीय दूरबीन (Astronomical Telescope) : इसका निर्माण डेनमार्क के ज्योतिषशास्त्री केपलर के द्वारा 1911 ई० में किया गया। इसकी सहायता से अंतरिक्ष में दूर स्थित वस्तु को आसानी से देखा जा सकता है। इसमें दो उत्तल लेंस लगे होते हैं, पहला उत्तल लेंस एक चौड़ी नली में व्यवस्थित होता है, जिसका घेराव और फोकसान्तर बड़ा होता है। दूसरा उत्तल लेंस एक पतली नली के छोर पर लगा रहता है, जिसका फोकसान्तर एवं घेराव कम होता है। दोनों नलियाँ एक-दूसरे से जुड़ी होती हैं। बड़े फोकसान्तर वाले लेंस को वस्तु की ओर रखा जाता है, जिसे अभिदृश्यक लेंस (Objective Lens) कहते है। कम फोकासान्तर वाले लेंस के समीप आँख रखकर वस्तु के प्रतिबिंब को देखा जाता है। इसे नेत्रिका लेंस (Eye Lens) कहते हैं। दोनों नलियाँ एवं दोनों लेंस समाक्षीय होते है। इसका समायोजन दो प्रकार से किया जाता है—(i) अनंत के लिए समायोजन, इस समायोजन में अंतिम प्रतिबिम्ब अनन्त पर बनता है, जो काफी आवर्धित होता है। इस तरह समायोजन करने की क्रिया को अनन्त के लिए फोकस (Focussing for infinity) करना कहते हैं। (ii) स्पष्ट दर्शन की न्यूनतम दूरी के लिए समायोजन, इस समायोजन में अंतिम प्रतिबिम्ब स्पष्ट दृष्टि के न्यूनतम दूरी पर बनता है; जो वस्तु की अपेक्षा उल्टा, आवर्धित तथा स्पष्ट होता है। इस तरह समायोजन करने की क्रिया को सामान्य दृष्टि के लिए फोकस (Focussing for normal vision) करना कहते हैं।



खगोलीय दूरबीन

खगोलीय दूरबीन की आवर्धन क्षमता :

(a) $m=\frac{f_o}{f_e}\left(1+\frac{f_e}{D}\right)$ जब प्रतिबिम्ब 25 सेमी० पर बनता है।

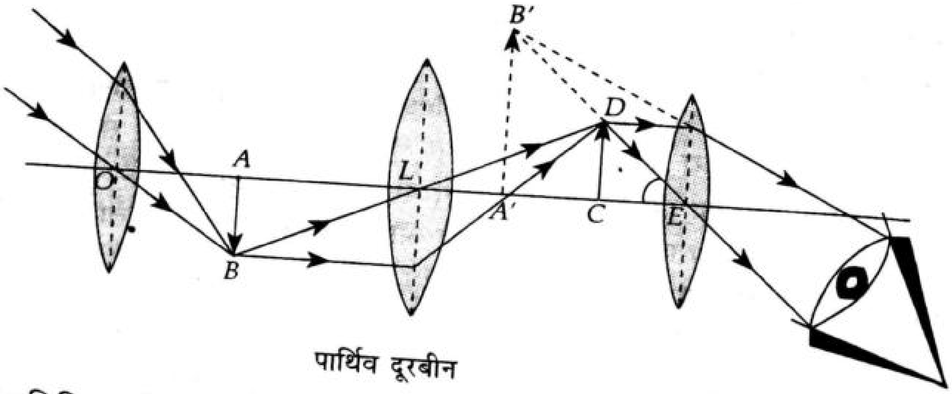
(b) $m=f_0/f_e$ जब प्रतिबिम्ब अनन्त पर बनता है।

(c) नली की लम्बाई $=f_0+f_e$ जब प्रतिबिम्ब अनंत पर बनता है।

(d) नली की लम्बाई $=f_0+u=f_o+\frac{Df_e}{f_e+D}$ जब प्रतिबिम्ब 25 सेमी० पर बनता है।

जहाँ f_0 = अभिदृश्यक (objective) की फोकस दूरी
f_e = नेत्रिका (eye piece) की फोकस दूरी
u = वस्तु दूरी
D = स्पष्ट दर्शन की न्यूनतम दूरी
m = आवर्धन क्षमता

(ii) पार्थिव दूरबीन (Terresterial Telescope) : खगोलीय दूरबीन में अन्तिम प्रतिबिम्ब वस्तु की अपेक्षा उल्टा होता है। इसीलिए यह दूरबीन पार्थिव वस्तु को देखने के लिए उपयुक्त नहीं होता है। यदि दूरबीन में प्रतिबिम्ब को वस्तुओं की अपेक्षा सीधा कर देने की समुचित व्यवस्था कर दी जाय तो वह पार्थिव दूरबीन कहलाता है। इस दूरबीन की सहायता से पृथ्वी पर स्थित दूर की वस्तुओं को आसानी से देखा जा सकता है।



पार्थिव दूरबीन

इसमें प्रतिबिम्ब सीधा तथा काल्पनिक बनता है। इसका समायोजन भी दोनों प्रकार से किया है। इसमें तीन उत्तल लेंस लगे होते हैं। अभिदृश्यक तथा नेत्रिका के बीच एक अधिक फोकस-दूरी का उत्तल लेंस लगा रहता है, जिसे प्रतिबिम्ब को सीधा करने वाला लेंस कहा जाता है।

पार्थिव दूरबीन के लिए आवर्धन क्षमता :

(a) $m = \frac{f_0}{f_e}\left(1 + \frac{f_e}{D}\right)$ जब प्रतिबिम्ब स्पष्ट दर्शन की न्यूनतम दूरी पर बनता है।

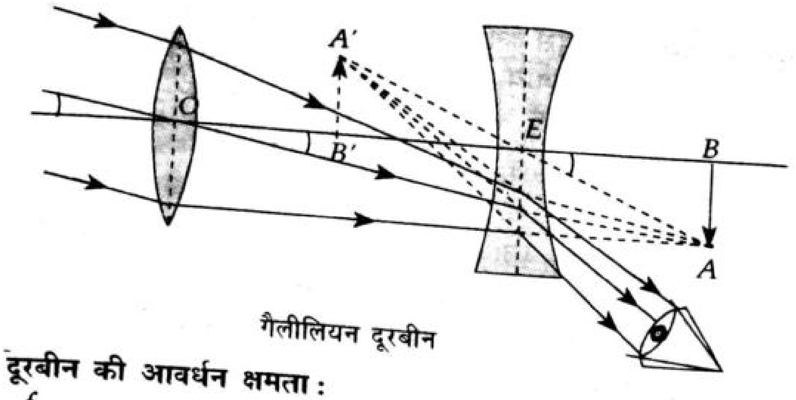
(b) $m = \frac{f_0}{f_e}$ जब प्रतिबिम्ब अनन्त पर बनता है।

(c) नली की लम्बाई $= f_0 + 4f + f_e$ जब प्रतिबिम्ब अनंत पर बनता है।

(d) नली की लम्बाई $= f_0 + 4f + \frac{Df_e}{D + f_e}$ जब प्रतिबिम्ब स्पष्ट दर्शन की न्यूनतम दूरी पर बनता है।

जहाँ f_0 = अभिदृश्यक की फोकस दूरी
f_e = नेत्रिका की फोकस दूरी
f = सीधा करने वाले लेंस की फोकस दूरी
D = स्पष्ट दर्शन की न्यूनतम दूरी (25 सेमी०)
m = आवर्धन क्षमता

(iii) गैलीलियन दूरबीन (Galilean Telescope) : इसका निर्माण गैलीलियो ने सन् 1609 ई० में किया था। इसमें प्रतिबिम्ब हमेशा वस्तु के सापेक्ष सीधा बनता है। इसमें अभिदृश्यक के रूप में बड़े फोकसान्तर तथा बड़े घेरा का उत्तल लेंस तथा नेत्रिका के रूप में छोटे फोकसान्तर एवं छोटे घेरा का अवतल लेंस लगा होता है। इसका भी समायोजन दोनों ही प्रकार से किया जाता है।



गैलीलियन दूरबीन

गैलीलियो दूरबीन की आवर्धन क्षमता :

(a) $m = \dfrac{f_0}{f_e}$ जब प्रतिबिम्ब अनंत पर बनता है।

(b) $m = \dfrac{f_0}{f_e}\left(1 - \dfrac{f_e}{D}\right)$ जब प्रतिबिम्ब स्पष्ट दर्शन की न्यूनतम दूरी पर बनता है।

(c) नली की लम्बाई $= f_0 - f_e$ जब प्रतिबिम्ब अनंत पर बनता है।

(d) नली की लम्बाई $= f_0 - u = f_0 - \dfrac{f_e D}{D - f_e}$ जब प्रतिबिम्ब 25 सेमी० की दूरी पर बनता है।

V. विद्युत्

(A) स्थिर-विद्युतिकी

लगभग 600 ईसा पूर्व (BC) में, यूनान के दार्शनिक थेल्स (Thales) ने देखा कि जब अम्बर (Amber) को बिल्ली की खाल से रगड़ा जाता है; तो उसमें कागज के छोटे-छोटे टुकड़े आदि को आकर्षित करने का गुण आ जाता है। यद्यपि इस छोटे से प्रयोग का स्वयं कोई विशेष महत्व नहीं था, परन्तु वास्तव में यही प्रयोग आधुनिक विद्युत् युग का जन्मदाता माना जा सकता है। थेल्स के दो हजार वर्ष बाद तक इस खोज की तरफ किसी का ध्यान आकृष्ट नहीं हुआ। 16वीं शताब्दी में गैलीलियो के समकालीन डॉ० गिलबर्ट ने, जो उन दिनों इंग्लैंड की महारानी एलिजाबेथ के घरेलू चिकित्सक थे, प्रमाणित किया कि अम्बर एवं बिल्ली के खाल की भाँति बहुत-सी अन्य वस्तुएँ—उदाहरणार्थ, काँच और रेशम तथा लाख और फलानेल—जब आपस में रगड़े जाते हैं, तो उनमें भी छोटे-छोटे पदार्थों को आकर्षित करने का गुण आ जाता है।

घर्षण से प्राप्त इस प्रकार की विद्युत् को घर्षण-विद्युत् (frictional electricity) कहा जाता है। इसे स्थिर विद्युत् (static electricity) भी कहा जाता है, बशर्ते पदार्थों को रगड़ने से उन पर उत्पन्न आवेश वहीं पर स्थिर रहे जहाँ वे रगड़ से उत्पन्न होते हैं। अतः स्थिर-विद्युतिकी भौतिक विज्ञान की वह शाखा है, जिसकी विषय-वस्तु वैसे आवेशित पदार्थों के गुणों का अध्ययन है, जिनपर विद्युत् आवेश स्थिर रहते हैं।

आवेशों के प्रकार (Kinds of Charges) : जब घर्षण से विद्युत् उत्पन्न की जाती है, तो जिसमें वस्तु रगड़ी जाती है और जो वस्तु रगड़ी जाती है दोनों ही में समान परिमाण में विद्युत् आवेश (Electric charge) उत्पन्न होते हैं; लेकिन दोनों वस्तुओं पर उत्पन्न आवेशों की प्रकृति एक दूसरे के विपरीत होती है। एक वस्तु पर के आवेश को ऋण आवेश (Negative charge) तथा दूसरी वस्तु पर के आवेश को धन आवेश (Positive charge) कहते हैं। आवेशों के लिए ऋणात्मक एवं धनात्मक पदों का प्रयोग सर्वप्रथम बेंजामिन फ्रेंकलिन (Benjamin Franklin) ने किया था। बेंजामिन फ्रेंकलिन के अनुसार (i) काँच को रेशम से रगड़ने पर काँच पर उत्पन्न विद्युत् को धनात्मक विद्युत् कहा गया और (ii) एबोनाइट, या लाख की छड़ को फलानेल या रोएँदार खाल—इन दोनों में से किसी से रगड़ने पर उन पर उत्पन्न विद्युत् को ऋणात्मक विद्युत् कहा गया। घर्षण के कारण दोनों प्रकार की विद्युत् बराबर परिमाण में एक ही साथ उत्पन्न होती है।

नीचे के सारणी में कुछ वस्तुएँ इस ढंग से सजायी गयी हैं कि यदि किसी वस्तु को, किसी वस्तु से रगड़कर विद्युत् उत्पन्न की जाय, तो सारणी में जो पले (पूर्ववर्ती) है, उसमें धन आ तथा जो बाद में (उत्तरवर्ती) है, उसमें ऋण आवेश उत्पन्न होता है—

1. रोओं
2. फलानेल
3. चपड़ा
4. मोम
5. काँच
6. कागज
7. रेशम
8. मानव शरीर
9. लकड़ी
10. धातु
11. रबर
12. रेजिन
13. अम्बर
14. गंधक
15. एबोनाइट

उदाहरण—यदि काँच (5) को रेशम (7) के साथ रगड़ा जाय तो काँच में धन आवेश उत्पन्न होता है; लेकिन यदि काँच (5) को रोओं (1) से रगड़ा जाय तो काँच में ऋण आवेश उत्पन्न होगा (उपर्युक्त सारणी के नियमानुसार)।

सजातीय आवेशों (like charges) में प्रतिकर्षण (Repulsion) होता है अर्थात्, धन आवेशित वस्तुएँ एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करती हैं और ऋण आवेशित वस्तुएँ भी एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करती हैं। विजातीय आवेशों (unlike charges) में आकर्षण (Attraction) होता है अर्थात् एक धन आवेशित वस्तु और एक ऋण आवेशित वस्तु में आकर्षण होता है।

विद्युतीकरण का सिद्धान्त (Principle of Electricity) : घर्षण के कारण उत्पन्न आवेशों की घटना को समझाने के लिए भिन्न-भिन्न वैज्ञानिकों ने समय-समय पर अनेक सुझाव दिए हैं। वर्तमान में आधुनिक इलेक्ट्रॉन सिद्धान्त (Modern Electron Theory) सर्वमान्य है।

आधुनिक इलेक्ट्रॉन सिद्धान्त (Modern Electron Theory) : इस सिद्धान्त का विकास थॉमसन (Thomson), रदरफोर्ड (Rutherford), नील्स बोर (Niels Bohr) आदि वैज्ञानिकों के कारण हुआ है। इस सिद्धान्त के अनुसार जब दो वस्तुएँ आपस में रगड़ी जाती हैं, तो उनमें से एक वस्तु के परमाणुओं की बाहरी कक्षा से भ्रमणशील इलेक्ट्रॉन निकलकर दूसरी वस्तु के परमाणुओं में चले जाते हैं। इससे पहली वस्तु के परमाणुओं में इलेक्ट्रॉनों की कमी तथा दूसरी वस्तु के परमाणुओं के इलेक्ट्रॉन की वृद्धि हो जाती है। अतः पहली वस्तु धन आवेशित (positively charged) एवं दूसरी वस्तु ऋण आवेशित (negatively charged) हो जाती है।

विद्युत् क्षेत्र (Electric field) : किसी जगह विद्युत् से आविष्ट वस्तु अगर रहती है, तो उसका प्रभाव उसके चारों ओर सीमित क्षेत्र पर पड़ता है। इसी क्षेत्र को विद्युत् क्षेत्र कहते हैं। सिद्धान्ततः यह क्षेत्र अनन्त दूरी तक फैला हुआ होना चाहिए; परन्तु व्यवहार में ऐसा नहीं पाया जाता है।

विद्युत् बल रेखा (Electric lines of force) : विद्युत् बल रेखा वह पथ है, जिस पर एक स्वतंत्र धन आवेश चलता है या चलने की प्रवृति रखता है। अतः विद्युत् बल रेखा वह वक्र है, जिसके किसी भी बिन्दु पर खींची गयी स्पर्श रेखा उस बिन्दु पर विद्युत् क्षेत्र की दिशा बताती है। ये बल रेखाएँ केवल एक समतल में न होकर माध्यम में प्रत्येक दिशा में होती है।

चालक (Conductor) : जिन पदार्थों से होकर आवेश का प्रवाह सरलता से होता है, उन्हें **चालक** कहते है। लगभग सभी धातुएँ अम्ल, क्षार, लवणों के जलीय विलयन, मानव शरीर आदि विद्युत् चालक पदार्थ के उदाहरण हैं। चाँदी सबसे अच्छा चालक होता है।

अचालक (Non-conductor) : जिन पदार्थों से होकर आवेश का प्रवाह नहीं होता है, उन्हें अचालक कहते हैं। लकड़ी, रबर, कागज, अभ्रक, शुद्ध आसुत जल आदि अचालक पदार्थों के उदाहरण हैं।

अर्द्धचालक (Semi-conductor) : कुछ पदार्थ ऐसे होते हैं, जिनकी विद्युत् चालकता चालक एवं अचालक पदार्थों के बीच होती है, उन्हें अर्द्धचालक कहते हैं। सिलिकन, जर्मेनियम, कार्बन, सेलेनियम आदि अर्द्धचालक के उदाहरण हैं।

ताप बढ़ाने पर चालक पदार्थों का विद्युत् प्रतिरोध (electrical resistance) बढ़ता है तथा उसकी विद्युत् चालकता (electrical conductivity) घटती है, जबकि अर्द्धचालक पदार्थों की विद्युत् चालकता ताप के बढ़ाने पर बढ़ती है तथा ताप के घटाने पर घटती हैं। परम शून्य ताप पर अर्द्धचालक पदार्थ आदर्श अचालक की भाँति व्यवहार करता है। अर्द्धचालक पदार्थों में अशुद्धियाँ मिलाने पर भी उसकी विद्युत् चालकता बढ़ जाती है।

चालक, अचालक एवं अर्द्धचालक पदार्थों की व्याख्या इलेक्ट्रॉनिक सिद्धान्त के अनुसार की जा सकती है। चालक पदार्थों में कुछ मुक्त इलेक्ट्रॉन (free electrons) होते हैं, जिससे उनमें विद्युत चालन की क्रिया सरलता से होती है। अचालक पदार्थों में मुक्त इलेक्ट्रॉनों की अनुपस्थिति होने के कारण इनसे होकर विद्युत का चालन नहीं होता है। अर्द्धचालकों में सामान्य अवस्था में मुक्त इलेक्ट्रॉन नहीं होते हैं, लेकिन विशेष परिस्थितियों जैसे उच्च ताप या अशुद्धियाँ मिलाने पर मुक्त इलेक्ट्रॉन प्राप्त किए जा सकते हैं।

आवेश का पृष्ठ घनत्व (Surface density of charge) : चालक के इकाई क्षेत्रफल पर स्थित आवेश की मात्रा को उस आवेश का पृष्ठ घनत्व कहते हैं।

i.e. $$\text{पृष्ठ घनत्व} = \frac{\text{आवेश}}{\text{क्षेत्रफल}}$$

चालक का पृष्ठ घनत्व चालक के आकार एवं चालक के समीप स्थित अन्य चालक या विद्युत्रोधी पदार्थों पर निर्भर करता है। पृष्ठ घनत्व सबसे अधिक नुकीले भाग पर होता है क्योंकि नुकीले भाग का क्षेत्रफल सबसे कम होता है। जब वायु के कण किसी नुकीले आवेशित चालक के सम्पर्क में आते हैं, तो वे आवेशित हो जाते हैं तथा प्रतिकर्षित होकर दूर चले जाते हैं। उनका स्थान लेने के लिए वायु के नए कण आते हैं। यही क्रिया बार-बार चलती रहती है। इस प्रकार वायु के कणों द्वारा आवेश बाहर ले जाने की घटना को संवहन विसर्जन (Convention Discharge) एवं इस संवहन धारा को विद्युत् पवन (Electric Wind) कहते हैं।

विद्युत् बल के नियम या कूलम्ब का नियम (Laws of Electric Force or Coulomb's Law) : दो समान आवेशों के बीच प्रतिकर्षण और दो असमान आवेशों के बीच आकर्षण का बल कार्य करता है। यह बल दोनों आवेशों के परिमाण, उनके बीच की दूरी तथा उनके बीच के माध्यम की प्रकृति पर निर्भर करता है। कूलम्ब ने अपने प्रयोगों के आधार पर दो आवेशों के बीच कार्य करने वाले बल के लिए दो नियम प्रतिपादित किए—

(i) दो आवेशों के बीच आकर्षण अथवा प्रतिकर्षण का बल उनके आवेशों के गुणनफल का अनुक्रमानुपाती (directly proportional) होता है।

(ii) दो आवेशों के बीच आकर्षण या विकर्षण का बल आवेशों के बीच की दूरी के वर्ग का व्युत्क्रमानुपाती (Inversely Proportional) होता है। यह नियम व्युत्क्रम-वर्ग-नियम (Inverse Square Law) कहलाता है।

यदि q_1 एवं q_2 आवेश एक-दूसरे से r दूरी पर स्थित हों, तो कूलम्ब के नियम के अनुसार, उन आवेशों के बीच लगने वाला बल—

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad \text{या,} \quad F = \frac{1}{4\pi \in_0 \in r} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

जहाँ $\in_0$ = निर्वात् में विद्युत्शीलता (Permitivity) है, इसका मान 8.85×10^{-12} कूलम्ब^2 प्रति न्यूटन मी०^2 होता है।

$\in_r$ = दोनों आवेशों के बीच वाले माध्यम की सापेक्षिक विद्युत्शीलता है और निर्वात् के लिए इसका मान 1 होता है।

$\because$ निर्वात् या वायु में $\in_r = 1$

$\therefore$ q_1 एवं q_2 आवेशों के बीच क्रियाशील बल, $F = \frac{1}{4\pi \in_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{q_1 q_2}{r^2}$

$$\left[\frac{1}{4\pi \in_0} = \frac{1}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12}} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2\right]$$

यदि, $q_1 = q_2 = 1$ और $r = 1$ m

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 1}{1} = 9 \times 10^9 \text{ N}$$

अतः जब निर्वात् में 1 मीटर की दूरी पर रहकर दो समान और बराबर आवेशों 9×10^9 न्यूटन प्रतिकर्षण का बल कार्य करता है, तो उनमें से प्रत्येक को एकांक आवेश हैं। आवेश का मात्रक कूलम्ब है। अगर किसी चालक से होकर एक एम्पियर की धारा प्र होती है, तो एक सेकण्ड में प्रवाहित आवेश के परिमाण को एक कूलम्ब कहते हैं।

$\because$ 1.6×10^{-19} कूलम्ब आवेश है 1 इलेक्ट्रॉन पर

$\therefore$ 1 „ „ $\frac{1}{1.6 \times 10^{-9}} = 6.25 \times 10^{18}$ इलेक्ट्रॉन पर

कूलम्ब की परिभाषा से—

$$1 \text{ एम्पीयर} = \frac{\text{एक कूलम्ब}}{\text{एक सेकण्ड}}$$

i.e., $1A = 1Cs^{-1}$ $\therefore$ $1C = 1As$

अतः किसी चालक में से एक एम्पियर की धारा प्रवाहित होने का तात्पर्य यह है कि चा के अनुप्रस्थ परिच्छेद में से प्रति सेकण्ड 6.25×10^{18} इलेक्ट्रॉन गुजर रहे हैं।

कूलम्ब के नियम का महत्त्व (Importance of Coulomb's Law) : कूलम्ब के नियम सहायता से (i) किसी परमाणु के नाभिक तथा इलेक्ट्रॉनों के बीच कार्यकारी बल, (ii) परमाणु को परस्पर बाँधकर अणु बनाने वाले बल तथा (iii) परमाणु अथवा अणुओं को परस्पर बाँध ठोस अथवा द्रव बनाने वाले बलों को समझा जा सकता है।

दो आवेशित वस्तुओं के बीच कार्यकारी विद्युत् बल की तुलना गुरुत्वाकर्षण बल (Gravitatio Force) से की जा सकती है। ये दोनों बल एक ही जैसे नियमों के अनुसार तथा निर्वात् में कार्य करते हैं। परन्तु इनमें मुख्य अन्तर यह है कि गुरुत्वाकर्षण बल केवल आकर्षण बल ही है, जबकि विद्युत् बल आकर्षण अथवा प्रतिकर्षण दोनों प्रकार के होते हैं। इससे इस तथ्य की पुष्टि होती है कि द्रव्यमान केवल एक प्रकार का होता है, जबकि आवेश दो प्रकार के होते हैं।

कूलम्ब का नियम बहुत अधिक दूरियों से लेकर बहुत छोटी दूरियों (10^{-14} मी०) तक के लिए सत्य है। इससे कम दूरियों पर जो बल कार्य करता है, उसे नाभिकीय बल (Nuclear force) कहते हैं। इस बल का मान विद्युत् बल से बहुत अधिक होता है। यह कणों के आवेशों पर निर्भर नहीं करता है। यह परमाणु में न्यूट्रॉनों और प्रोटॉनों को नाभिक में बद्ध किए रहता है।

विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता (Intensity of Electric Field) : विद्युतीय क्षेत्र के किसी बिन्दु पर स्थित एकांक धन आवेश पर कार्य करने वाले बल को उस बिन्दु पर विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता कहते है। अतः q आवेश के कारण विद्युत-क्षेत्र में इससे r मीटर दूरी पर वाले बिन्दु पर की तीव्रता निर्वात् में—

$$E = 9 \times 10^9 \frac{q}{r^2}$$

विद्युत् तीव्रता का मात्रक वोल्ट प्रति मीटर (Vm^{-1}) या न्यूटन/कूलम्ब है। यह एक सदिश राशि है। साधारणतः विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता को विद्युत् क्षेत्र भी कहते है।

खोखले चालक के भीतरी भाग में विद्युतीय क्षेत्र : किसी खोखले चालक के भीतर विद्युत् क्षेत्र शून्य होता है। यदि ऐसे चालक को आवेशित किया जाय, तो सम्पूर्ण आवेश उसके बाहरी पृष्ठ पर ही रहता है। अतः खोखला गोला एक विद्युत् परिरक्षक (electrostatic shield) का कार्य करता है। यही कारण है कि कार से यात्रा करते समय यदि तेज वर्षा होने लगे और बिजली गिरने की संभावना हो, तो सुरक्षा का उपाय यही है कि कार की खिड़कियाँ पूर्णतः बन्द करके अन्दर ही बैठे रहा जाए। यदि बिजली कार पर ही गिरती है, तो भी कोई हानि नहीं होगी। विद्युत् आवेश कार के बाहरी सतह पर ही रहेगा।

विद्युत
बिन्दु तक
किसी धन
कार्य (W)

विद्युत
मात्रक वो
रखा गया

शून्य
तथा निर्देश
के लिए वि
चालक है।
कोई अन्त

वोल्ट
लाने में 1

विभव
बिन्दु से दू
हैं। विभवा

किसी
जाता है, त
रहता है, ले
प्रत्येक बिन्

विद्युत-
विभव में ए
कूलम्ब आवे
$C = \frac{q}{V}$ होत
एक कूलम्ब
एक फैराड
यानी 10^{-6}
पर निर्भर क

(i) चा
कम होने से

(ii) चा
है, तो $\in$ वि
चालक की ध

(iii) अ
रहने से प्रेरण
जाती है, अ
चालक की ध

विद्युत् विभव (Electric Potential) : एकांक धन आवेश को अनन्त से विद्युत् क्षेत्र के किसी बिन्दु तक लाने में जो कार्य करना पड़ता है, उसे विद्युत् विभव कहते है। अर्थात् विद्युत् विभव किसी धनात्मक परीक्षण आवेश को अनन्त से विद्युत् क्षेत्र के किसी बिन्दु तक लाने में किए गए कार्य (W) एवं परीक्षण आवेश के मान (q_0) की निष्पत्ति है। अतः

$$\text{विद्युत् विभव, } V = \frac{W}{q_0}$$

विद्युत् विभव का SI मात्रक जूल प्रति कूलम्ब होता है, जिसे वोल्ट भी कहते हैं। विभव का मात्रक वोल्ट इटली के प्रसिद्ध वैज्ञानिक एलसेन्ड्रो वोल्टा (Allessandro Volta) के सम्मान में रखा गया है। विभव एक अदिश राशि है।

शून्य विभव (Zero Potential) : किसी भौतिक राशि को नापने के लिए प्रायः पैमाना तथा निर्देश-बिन्दु लिया जाता है, जिसका पठन शून्य माना जाता है। विद्युतीय विभव को नापने के लिए निर्देश बिन्दु के रूप में पृथ्वी के विभव को शून्य माना जाता है। पृथ्वी एक विशाल चालक है। इसमें थोड़ा आवेश देने से या इसमें से थोड़ा आवेश निकाल लेने से इसके विभव में कोई अन्तर नहीं होता है, यानी पृथ्वी का विभव हमेशा शून्य रहता है।

वोल्ट (Volt) : यदि 1 कूलम्ब धनात्मक आवेश को अनन्त से विद्युत् क्षेत्र के किसी बिन्दु तक लाने में 1 जूल कार्य करना पड़े, तो बिन्दु का विद्युत् विभव 1 वोल्ट कहलाता है।

$$1 \text{ वोल्ट} = \frac{1 \text{ जूल}}{1 \text{ कूलम्ब}}$$

विभवान्तर (Potential Difference) : एक कूलम्ब धनात्मक आवेश को विद्युत् क्षेत्र में एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु तक ले जाने में किए गए कार्य को उन बिन्दुओं के मध्य विभवान्तर कहते हैं। विभवान्तर का मात्रक भी वोल्ट होता है तथा यह भी एक अदिश राशि है।

किसी खोखले चालक के भीतरी भाग का विभव : जब किसी खोखले चालक पर आवेश दिया जाता है, तो यह आवेश चालक के बाहरी पृष्ठ पर चला आता है। भीतरी पृष्ठ पर आवेश नहीं रहता है, लेकिन चालक के खोखले भाग का विभव शून्य नहीं होता है। वास्तव में इस भाग के प्रत्येक बिन्दु का विभव समान होता है और चालक के विभव के बराबर होता है।

विद्युत्-धारिता (Electric Capacity) : किसी चालक पर जितना आवेश देने से उसके विभव में एकांक वृद्धि होती है, उतने ही आवेश को उस चालक की धारिता कहते हैं। अगर q कूलम्ब आवेश देने से किसी चालक के विभव में V वोल्ट वृद्धि होती है, तो चालक की धारिता, $C = \frac{q}{V}$ होती है। धारिता का SI मात्रक फैराडे (Faradey-F) होती है। अगर किसी चालक में एक कूलम्ब आवेश देने से उसका विभव एक वोल्ट बढ़ जाता है, तो उस चालक की धारिता एक फैराड होती है। फैराड एक बहुत बड़ा मात्रक है। इसीलिए प्रयोग हेतु माइक्रो फैराडे (μF) यानी 10^{-6} फैराडे मात्रक का प्रयोग किया जाता है। किसी चालक की धारिता निम्नलिखित बातों पर निर्भर करती है—

(i) चालक के पृष्ठ क्षेत्रफल पर : चालक का पृष्ठ अधिक होने से उसकी धारिता अधिक और कम होने से उसकी धारिता कम होती है।

(ii) चालक के चारों ओर के माध्यम पर : अगर हवा या निर्वात् में किसी चालक का विभव V है, तो $\in$ विद्युत्शीलता वाले माध्यम में घिरे रहने पर उसका विभव $\frac{V}{\in}$ हो जाता है। अतः किसी चालक की धारिता अपने चारों ओर के माध्यम पर निर्भर करता है।

(iii) आस-पास में अन्य चालकों की उपस्थिति पर : किसी चालक के समीप दूसरा चालक के रहने से प्रेरण होता है, जिससे पहले चालक का विभव घट जाता है और उसकी धारिता बढ़ जाती है, अगर समीप लाया गया चालक भू-सम्पर्कित (earth connected) रहता है, तो पहले चालक की धारिता और बढ़ जाती है।

(B) विद्युत्-धारा

विद्युत् धारा (Current electricity) : दो भिन्न विभव की वस्तुओं को यदि कि तार में जोड़ दिया जाए, तो आवेश एक वस्तु से दूसरी वस्तु में प्रवाहित होने लगेगा चालक में आवेश के इसी प्रवाह को विद्युत् धारा कहते हैं। धारा निम्न विभव (low pote से उच्च विभव (high potential) की ओर प्रवाहित होती है, किन्तु परम्परा के अनुसार हम मानते हैं कि धारा का प्रवाह इलेक्ट्रॉनों के प्रवाह की विपरीत दिशा में होता है। अर्थात् धना आवेश के प्रवाह की दिशा ही विद्युत्-धारा की दिशा मानी जाती है। परिमाण एवं दिशा दोनों के बावजूद विद्युत्-धारा एक अदिश राशि है, क्योंकि यह जोड़ के त्रिभुज नियम का पालन करती है। प्रायः ठोस चालकों में विद्युत् प्रवाह इलेक्ट्रॉनों द्वारा और द्रवों में आयन तथा इलेक्ट्र दोनों से ही होता है। अर्द्धचालकों में विद्युत् प्रवाह इलेक्ट्रॉन तथा होल (Hole) द्वारा होता है।

यदि किसी परिपथ में धारा का प्रवाह सदैव एक ही दिशा में होता रहता है, तो हम इसे दि धारा (Direct Current–d.c.) कहते हैं और यदि धारा का प्रवाह एकांतर क्रम में समानान्त रूप से आगे और पीछे होता हो, तो ऐसी धारा प्रत्यावर्ती धारा (Alternating Current–a.c. कहलाती है। दिष्टधारा को संक्षेप में डी० सी० तथा प्रत्यावर्ती धारा को ए० सी० कहते हैं। विद्यु धारा का मात्रक एम्पीयर (Ampere–A) होता है।

यदि किसी चालक तार में 1 एम्पियर (A) की विद्युत् धारा प्रवाहित हो रही है, तो इसका अर्थ है कि उस तार में प्रति सेकण्ड 6.25×10^{18} इलेक्ट्रॉन एक सिरे से प्रविष्ट होते हैं तथा इतने ही इलेक्ट्रॉन प्रति सेकण्ड दूसरे सिरे से बाहर निकल जाते हैं।

विद्युत् परिपथ में धारा का लगातार प्रवाह प्राप्त करने के लिए विद्युत् वाहक बल (electro motive force–e.m.f.) की आवश्यकता होती है, इसे विद्युत् सेल (Cell) या जनित्र (Generator) द्वारा प्राप्त किया जाता है।

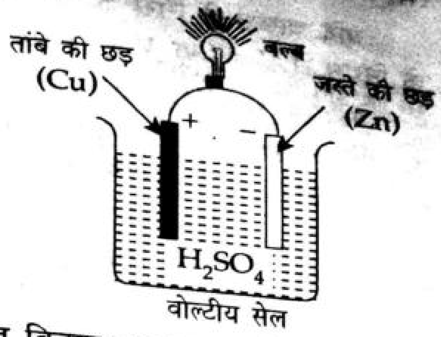
1. विद्युत् सेल (Electric Cell)

विद्युत् सेल (Electric Cell) : विद्युत् सेल परिपथ के दो बिन्दुओं के बीच आवश्यक विभवान्तर (potential difference) बनाए रखता है ताकि विद्युत् धारा का प्रवाह लगातार बना रहे। विद्युत् सेल में विभिन्न रासायनिक क्रियाओं से रासायनिक ऊर्जा को विद्युत् ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है। विद्युत् सेल में धातु सेल में धातु की दो छड़ें होती हैं, जिन्हें इलेक्ट्रोड (Electrode) कहते हैं। इन छड़ों पर विपरीत प्रकार के आवेश होते हैं। वह छड़ जो धनावेशित होती है एनोड (Anode) कहलाती है तथा ऋणावेशित छड़ कैथोड (Cathode) कहलाती है। ये छड़ें विभिन्न प्रकार के विलयनों में पड़ी रहती हैं। इन विलयनों को विद्युत्-अपघट्य (Electrolyte) कहते हैं। विद्युत् सेल मुख्यतः दो प्रकार के होते हैं–(i) प्राथमिक सेल (2) द्वितीयक सेल

प्राथमिक सेल (Primary Cell) : प्राथमिक सेलों में रासायनिक ऊर्जा को सीधे विद्युत् ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है। एक बार प्रयोग कर लेने के बाद यह बेकार हो जाता है। वोल्टीय सेल, लेक्लांशे सेल, डेनियल सेल, शुष्क सेल आदि प्राथमिक सेलों के उदाहरण हैं।

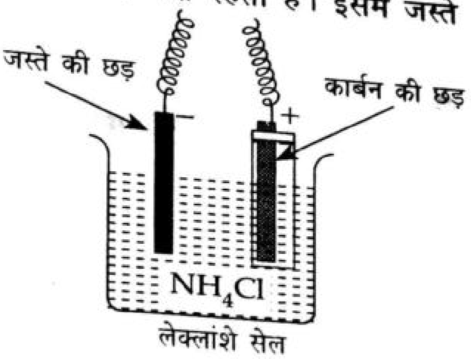
द्वितीयक सेल (Secondary Cell) : द्वितीयक सेल में पहले विद्युत् ऊर्जा को रासायनिक ऊर्जा में, फिर रासायनिक ऊर्जा को विद्युत् ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है। इसे रिचार्जेबल सेल (Rechargable Cell) भी कहा जाता है क्योंकि इस सेल को रिचार्ज (recharge) कर बार-बार उपयोग किया जा सकता है। इसे बाह्य विद्युत् स्रोत से जोड़कर रिचार्ज किया जाता है। मोटरकारों ट्रकों, ट्रैक्टरों आदि के इंजनों को स्टार्ट करने के लिए प्रयुक्त बैटरियां, इमर्जेंसी लाइट (Emergency Light) में प्रयुक्त बैटरी आदि द्वितीयक सेल के उदाहरण हैं।

वोल्टीय सेल (Voltaic Cell) : वोल्टीय सेल का आविष्कार सन् 1799 ई० में एलसेन्ड्रो वोल्टा ने किया था। इस सेल में एक जस्ते की छड़ एवं तांबे की छड़ काँच की बर्तन में रखे सल्फ्यूरिक अम्ल में डुबी होती है। इनमें से तांबे की छड़ को एनोड एवं जस्ते की छड़ को कैथोड कहते हैं। वोल्टीय सेल का विद्युत् वाहक बल (e.m.f.) का मान 1.08 वोल्ट होता है।



वोल्टीय सेल

लेक्लांशे सेल (Leclanche cell) : इस सेल में काँच के एक बर्तन में अमोनियम क्लोराइड (नौसादर) का संतृप्त विलयन भरा रहता है। इसमें जस्ते की छड़ कैथोड का कार्य करती है। सेल में एनोड के लिए कार्बन की छड़ मैगनीज डाइऑक्साइड व कार्बन के मिश्रण के बीच रखी रहती है। लेक्लांशे सेल का विद्युत् वाहक बल (e.m.f.) लगभग 1.5 वोल्ट होता है। इसका प्रयोग ऐसे परिपथों में किया जाता है, जहाँ रुक-रुककर थोड़े समय के लिए विद्युत् धारा की आवश्यकता होती है। इसका प्रयोग मुख्यतः विद्युत् घंटी, टेलीफोन आदि में किया जाता है।



लेक्लांशे सेल

शुष्क सेल (Dry cell) : इस सेल में प्रयुक्त विद्युत् अपघट्य विलयन के रूप में न रहकर शुष्क अवस्था में रहते है। इसमें जस्ते का एक बर्तन होता है, जिसमें मैगनीज डाइऑक्साइड, अमोनियम क्लोराइड (नौसादर) कार्बन आदि का मिश्रण भरा रहता है। इस मिश्रण के बीच में कार्बन की छड़ रखी रहती है। कार्बन की छड़ एनोड का कार्य करती है, जबकि स्वयं जस्ते का बर्तन कैथोड का कार्य करता है। मैगनीज डाइऑक्साइड व कार्बन के मिश्रण व जस्ते के दीवारों के बीच नौसादर की गाढ़ी लुगदी भरी रहती है। इस सेल का विद्युत् वाहक बल 1.5 वोल्ट होता है। इसका प्रयोग टार्च, ट्रांजिस्टर, रेडियो आदि उपकरणों में किया जाता है।

सेल का विद्युत् वाहक बल (e.m.f) : सेल द्वारा 1 कूलम्ब आवेश की पूरे विद्युत् परिपथ में एक पूर्ण चक्र लगाने हेतु सेल द्वारा प्रदत्त ऊर्जा को सेल का विद्युत् वाहक बल कहते है। इसका मात्रक वोल्ट होता है। विद्युत् वाहक बल का मान विभवान्तर से सदैव अधिक होता है।

कुछ सेलों के विद्युत् वाहक बल (वि०वा०बल) सारणी (Table) में प्रदर्शित है––

कुछ सेलों के विद्युत् वाहक बल

सेल	**वि० वा० बल**
वोल्टीय सेल	1.08 वोल्ट
डेनियल सेल	1.08 वोल्ट
शुष्क सेल	1.50 वोल्ट
लेक्लांशे सेल	1.50 वोल्ट
सीसा संचायक सेल	2.00 वोल्ट
6 सेल वाली कार बैटरी	12.00 वोल्ट

सेल का आन्तरिक प्रतिरोध (Internal Resistance of a cell) : सेल के विद्युत् अपघट्य द्वारा विद्युत् धारा के मार्ग में उत्पन्न प्रतिरोध को सेल का आन्तरिक प्रतिरोध कहते हैं। यदि E, V एवं I क्रमशः विद्युत् वाहक बल, विभवान्तर व धारा को प्रदर्शित करे, तो सेल का आन्तरिक प्रतिरोध

$$r = \frac{E - V}{I}$$

2. विद्युत् चालन

ओम का नियम (Ohm's law) : धारा और विभवांतर के बीच संबंध की खोज सर्वप्रथम जर्मनी के जार्ज साइमन ओम ने की। इस संबध को व्यक्त करने के लिए ओम ने जिस नियम का प्रतिपादन किया, उसे ही ओम का नियम कहते हैं। इस नियम के अनुसार ''स्थिर ताप पर किसी चालक में प्रवाहित होने वाली धारा चालक के सिरों के बीच विभवांतर के समानुपाती होती है।''

यदि चालक के सिरों के बीच का विभवांतर V हो और उसमें प्रवाहित धारा I हो, तो ओम के नियम से $V \propto I$ या $V = IR$ जहाँ R एक नियतांक है, जिसे चालक प्रतिरोध कहते हैं।

प्रतिरोध (Resistance) **:** किसी चालक का वह गुण जो उसमें प्रवाहित धारा का विरोध करता है, प्रतिरोध कहलाता है। जब किसी चालक में विद्युत् धारा प्रवाहित की जाती है, तो चालक में गतिशील इलेक्ट्रॉन अपने मार्ग में आने वाले इलेक्ट्रॉनों, परमाणुओं एवं आयनों से निरन्तर टकराते रहते हैं, इसी कारण प्रतिरोध की उत्पत्ति होती है। यदि किसी चालक के सिरों के बीच का विभवान्तर V वोल्ट एवं उसमें प्रवाहित धारा I एम्पीयर हो।

$$\text{प्रतिरोध (Resistance)} = \frac{\text{विभवान्तर}}{\text{धारा}} \quad \text{या,} \quad R = \frac{V}{I}$$

प्रतिरोध का SI इकाई ओम है, जिसका संकेत Ω है। किसी चालक का प्रतिरोध निम्नलिखित बातों पर निर्भर करता है—

(i) चालक पदार्थ की प्रकृति पर : किसी चालक का प्रतिरोध उसके पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करता है।

(ii) चालक के ताप पर : किसी चालक का प्रतिरोध उसके ताप पर निर्भर करता है। ताप बढ़ने पर चालक का प्रतिरोध बढ़ता है, लेकिन ताप बढ़ने पर अर्द्धचालकों का प्रतिरोध घटता है।

(iii) चालक की लम्बाई पर : किसी चालक का प्रतिरोध उसकी लम्बाई का समानुपाती होता है। अर्थात् लम्बाई बढ़ने से चालक का प्रतिरोध बढ़ता है और लम्बाई घटने से चालक का प्रतिरोध घटता है।

(iv) चालक के अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल पर : किसी चालक का प्रतिरोध उसके अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल का व्युत्क्रमानुपाती होता है। अर्थात् मोटाई बढ़ने पर चालक का प्रतिरोध घटता है।

ओमीय प्रतिरोध (Ohmic resistance) **:** जो चालक ओम के नियम का पालन करते हैं, उन्हें ओमीय प्रतिरोधक (Ohmic resistor) तथा उनके प्रतिरोध को ओमीय प्रतिरोध कहते हैं, जैसे—मैंगनीज का तार, तांबा का तार, ऐल्युमिनियम का तार आदि।

अनओमीय प्रतिरोध (Non-Ohmic resistance) **:** जो चालक ओम के नियम का पालन नहीं करते, उन्हें अनओमीय प्रतिरोधक तथा उनके प्रतिरोध को अनओमीय प्रतिरोध कहते हैं। जैसे—डायोड वाल्व (Diode Valve) का प्रतिरोध, ट्रायोड वाल्व (Triode Valve) का प्रतिरोध।

नोट : *डायोड एवं ट्रायोड वाल्व में प्लेट धारा ओम के नियम का पालन न करके चाइल्ड लैंगमूर नियम (Child Langmuir's Law) का पालन करती है।*

विशिष्ट प्रतिरोध (Specific resistance or resistivity) **:** किसी चालक का प्रतिरोध उसके लम्बाई का समानुपाती तथा उसके अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल का व्युत्क्रमानुपाती होता है।

अर्थात् $R \propto \frac{l}{A}$, जहाँ l = चालक की लम्बाई, A = चालक के अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल,
R = चालक का प्रतिरोध

या, $R = \rho\frac{l}{A}$, जहाँ पर ρ एक नियतांक है, जिसे चालक का विशिष्ट प्रतिरोध कहते हैं। इसका मान चालक पदार्थ की प्रकृति और उसके ताप पर निर्भर करता है।

यदि $l = 1,\ A = 1$ तब $R = \rho\frac{1}{1}$ या, $R = \rho$

अतः किसी चालक का विशिष्ट प्रतिरोध, चालक पदार्थ से बने एकांक लम्बाई एवं एकांक अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल वाले तार के प्रतिरोध के बराबर होता है। विशिष्ट प्रतिरोध का SI इकाई ओम मीटर (Ω m) होता है। सबसे कम विशिष्ट प्रतिरोध चाँदी का होता है, इसीलिए चाँदी विद्युत् का सबसे अच्छा चालक है।

कुछ पदार्थों के विशिष्ट प्रतिरोध

पदार्थ	0°C पर विशिष्ट प्रतिरोध (Ωm में)	पदार्थ	0°C पर विशिष्ट प्रतिरोध (Ωm में)
चाँदी	1.6×10^{-8}	ताँबा	1.7×10^{-8}
ऐलुमिनियम	2.7×10^{-8}	टंगस्टन	5.6×10^{-8}
लोहा	10×10^{-8}	प्लेटिनम	11×10^{-8}
पारा	98×10^{-8}	मैगनीज	44×10^{-8}
नाइक्रोम	100×10^{-8}	कार्बन	3.5×10^{-5}
जर्मेनियम	0.46	सिलिकॉन	2.3×10^{3}
लकड़ी	$10^{8} - 10^{-11}$	काँच	$10^{10} - 10^{14}$
अभ्रक	$10^{-11} - 10^{15}$		

चालकता (Conductance) : किसी चालक के प्रतिरोध के व्युत्क्रम (reciprocal) को चालक की चालकता कहते हैं। इसे G से सूचित करते हैं। यदि चालक का प्रतिरोध R हो, तो—

$$G = 1/R$$

चालकता की SI इकाई ओम$^{-1}$ (Ω^{-1}) होता है, जिसे मूहो (Mho) भी कहते हैं, इसके SI इकाई को सीमेन (Simen) भी कहते हैं, जिसे S से सूचित किया जाता है।

विशिष्ट चालकता (Specific Conductivity) : किसी चालक के विशिष्ट प्रतिरोध के व्युत्क्रम को चालक की विशिष्ट चालकता कहते हैं। इसे σ से सूचित करते हैं। यदि किसी चालक का विशिष्ट प्रतिरोध ρ है, तो—

$$\sigma = 1/\rho$$

विशिष्ट चालकता की SI इकाई ओम$^{-1}$ मीटर$^{-1}$ (Ω^{-1} m^{-1}) या मूहो मीटर$^{-1}$ या सीमेन मीटर$^{-1}$ (sm^{-1}) है।

प्रतिरोधों का संयोजन (Combination of Resistance) : विद्युत् परिपथ में इष्ट धारा (derived current) प्राप्त करने के लिए प्रायः एक से अधिक प्रतिरोधों का व्यवहार किया जाता है। यदि संयुक्त प्रतिरोधों को एक ही प्रतिरोध द्वारा इस प्रकार प्रतिस्थापित किया जाये कि परिपथ की धारा में कोई परिवर्तन न हो, तो इस एकल प्रतिरोध को समतुल्य प्रतिरोध (equivalent resistance) कहते हैं। सामान्यतः विद्युत् परिपथ में प्रतिरोधों का संयोजन दो प्रकार से होता है—(i) श्रेणीक्रम संयोजन तथा (ii) पार्श्वबद्ध संयोजन

श्रेणीक्रम संयोजन (Series Combination) : यदि प्रतिरोधों को इस प्रकार जोड़ा जाए कि प्रतिरोधों में समान धारा प्रवाहित हो तथा भिन्न-भिन्न प्रतिरोधों के बीच भिन्न-भिन्न विभवान्तर हो, तो यह प्रतिरोधों का श्रेणीक्रम संयोजन होता है। अर्थात् प्रतिरोधों के श्रेणीक्रम संयोजन की पहचान भिन्न-भिन्न प्रतिरोधों में प्रवाहित होने वाली समान धारा है। अधिकतम प्रतिरोध प्राप्त करने के लिए प्रतिरोधों को श्रेणी क्रम में जोड़ा जाता है। एक के बाद एक शृंखलाबद्ध रूप से प्रतिरोधों R_1, R_2, R_3 ……आदि को जोड़ने पर प्राप्त तुल्य प्रतिरोध,

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots\ldots$$

पार्श्वबद्ध या समांतरक्रम संयोजन (Parallel Combination) : यदि प्रतिरोधों को इस प्रकार जोड़ा जाए कि हर प्रतिरोध पर विभवान्तर समान रहे, तो यह प्रतिरोधों का समानान्तरक्रम संयोजन होता है। अर्थात् प्रतिरोधों के समानान्तर क्रम में संयोजन की पहचान प्रत्येक प्रतिरोध पर विभवान्तर का समान होना है। न्यूनतम प्रतिरोध प्राप्त करने के लिए इस संयोजन का प्रयोग करते हैं। यदि R_1, R_2, R_3 …… प्रतिरोध समानान्तर क्रम में जुड़े हों, तो उनके समतुल्य प्रतिरोध निम्नलिखित सूत्र से प्राप्त होता है—

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots.$$

विद्युत् शक्ति/सामर्थ्य (Electric power): विद्युत् परिपथ में ऊर्जा के क्षय होने की दर को शक्ति कहते हैं। इसका SI मात्रक वाट (Watt–W) होता है। इसके अन्य बड़े मात्रक किलोवा मेगावाट होते हैं। विद्युत् शक्ति को सूत्र के रूप में इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है—

विद्युत् शक्ति (P) = धारा (I) × विभवान्तर (V)

i.e., 1 वाट (W) = 1 एम्पियर (A) × 1 वोल्ट (V)

किलोवाट घंटा मात्रक या यूनिट : 1 किलोवाट घंटा अथवा 1 यूनिट, विद्युत् ऊर्जा की वह मात्रा है, जो किसी परिपथ में एक घंटे में व्यय होती है, जबकि परिपथ में 1 किलोवाट की शक्ति हो,

$$\text{अतः किलोवाट घंटा मात्रक} = \frac{\text{वोल्ट} \times \text{ऐम्पियर} \times \text{घंटा}}{1000} = \frac{\text{वाट} \times \text{घंटा}}{1000}$$

यदि किसी बल्ब पर 60W – 220V लिखा हुआ है, तो इसका अर्थ है कि यदि बल्ब को 220V पर जलाया जाए, तो प्रति घंटे 60W की शक्ति व्यय होगी।

उदाहरण : यदि 200W के विद्युत् बल्ब को प्रतिदिन 5 घंटे जलाया जाए, तो प्रतिदिन कितने यूनिट विद्युत् खर्च होगी ?

$$\text{खर्च हुई विद्युत् ऊर्जा} = \frac{200 \times 5}{1000} = 1 \text{ यूनिट}$$

उदाहरण : यदि एक विद्युत् हीटर 220V पर 5A धारा लेता है, तो उसे 5 घंटे तक चालू रखने पर कितनी विद्युत् ऊर्जा खर्च होगी ?

$$\text{खर्च हुई विद्युत् ऊर्जा} = \frac{V \times I \times t}{100} = \frac{220 \times 5 \times 5}{1000} = 5.5 \text{ यूनिट}$$

विद्युत् धारा के प्रभाव (Effects of Electric Current): प्रवहमान विद्युत् धारा के मुख्यतः निम्नलिखित प्रभाव हैं—चुम्बकीय प्रभाव, ऊष्मीय प्रभाव, रासायनिक प्रभाव एवं प्रकाशीय प्रभाव।

3. चुम्बकीय प्रभाव

जब भी किसी चालक से विद्युत् धारा का प्रवाह होता है, तो चालक के चारों ओर एक चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है। सन् 1812 ई० में कोपेनहेगन निवासी ऑर्स्टेड (Oersted) ने एक प्रयोग के द्वारा पता लगाया कि यदि किसी धारावाही तार के समीप चुम्बकीय सूई रखी जाए, तो यह विचलित हो जाती है। चूँकि चुम्बकीय सूई केवल चुम्बकीय क्षेत्र में ही विचलित होती है, अतः स्पष्ट है कि विद्युत्-धारा चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है। इसे ही विद्युत् का चुम्बकीय प्रभाव कहते हैं।

चुम्बकत्व की दिशा संबंधी नियम : चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा मैक्सवेल के कॉर्क-स्क्रू नियम, फ्लेमिंग के दाहिने हाथ के नियम आदि से दी जाती है।

मैक्सवेल का कॉर्क-स्क्रू नियम (Maxwell's Cork-Screw Law): यदि एक काग पेंच को हाथ में ले कर इस तरह से घुमाया जाए कि वह धारा की दिशा में आगे की ओर बढ़े, तो अँगूठे की गति की दिशा चुम्बकीय बल रेखाओं की धनात्मक दिशा बताती है।

फ्लेमिंग के दाहिने हाथ का नियम (Fleming's Right Hand Rule): जिस तार से होकर धारा बहती है उस तार के ऊपर यदि दाहिने हाथ को रखकर अँगूठे तथा पहली दो ऊँगलियों को इस तरह फैलाया जाय कि वे एक-दूसरे के समकोणिक दिशा में हों और यदि तर्जनी (fore finger) धारा की दिशा तथा बीच वाली ऊँगली सूई की विक्षेपित दिशा बतावें, तो अँगूठे की दिशा चुम्बकीय बल की दिशा बताती है।

लॉरेन्ज बल (Lorentz force): जब किसी चुम्बकीय क्षेत्र में कोई आवेशित कण गति करता है, तो उस पर एक बल आरोपित होता हैं, जिसे लॉरेन्ज बल कहते हैं। यह बल कण के आवेश, उसकी चाल तथा चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता के अनुक्रमानुपाती होता है।

इस बल की दिशा कण की गति के लम्बवत् तथा चुम्बकीय क्षेत्र के लम्बवत् होती है। बल का परिमाण महत्तम तब होता है, जब कण चुम्बकीय क्षेत्र के लम्बवत् गति करता है और यह बल न्यूनतम (शून्य) तब होता है जब कण चुम्बकीय क्षेत्र के अनुदिश गति करता है। बल का व्यंजक

$F = qvB \sin\theta$ [जहाँ q = कण का आवेश, v = कण की चाल,

B = चुम्बकीय क्षेत्र, θ = कण के वेग v एवं चुम्बकीय क्षेत्र B के मध्य का कोण]

बल F की दिशा फ्लेमिंग के बायें हाथ के नियम (Fleming's Left Hand Rule) से भी ज्ञात की जा सकती है।

विद्युत-चुम्बक (Electromagnet): यदि किसी बेलनाकार वस्तु के चारों ओर विद्युत्‌रोधी तार (insulated wire) को लपेट दिया जाए, तो इसे परिनालिका (solenoid) कहते हैं। बेलनाकार वस्तु को उसका क्रोड़ (core) कहते हैं। नर्म लोहे के क्रोड़ वाली परिनालिका विद्युत् चुम्बक कहलाती है। इनका उपयोग डायनमो, ट्रांसफॉर्मर, विद्युत् घंटी, तार-संचार, टेलीफोन, अस्पताल आदि में होता है। नर्म लोहा से अस्थायी चुम्बक बनता है। विद्युत् चुम्बक द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता निम्न बातों पर निर्भर करती है—

(i) परिनालिका के फेरों (turns) **की संख्या :** यदि फेरों की संख्या अधिक है, तो चुम्बकीय क्षेत्र भी तीव्र होगा।

(ii) क्रोड़ पदार्थ की प्रकृति : यदि क्रोड़ नर्म लोहे का है, तो चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता अधिक होती है।

(iii) धारा का परिमाण : धारा का परिमाण जितना अधिक होगा, क्षेत्र उतना तीव्र होगा।

एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित धारावाही चालक पर बल—यदि L लम्बाई के चालक में I धारा प्रवाहित हो रही हो तथा वह B चुम्बकीय क्षेत्र में रखा गया हो, तो उस पर लगने वाला बल।

$F = BIL \sin\theta$ [जहाँ θ = धारा की दिशा तथा चुम्बकीय क्षेत्र के बीच बनने वाला कोण।]

यदि $\theta = 0°$ तो $\sin\theta = \sin 0° = 0$ अतः $F = 0$

अर्थात् यदि धारावाही चालक तार चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में हो, तो उस पर कोई बल नहीं लगेगा।

यदि $\theta = 90°$ तब $\sin 90° = 1$

अर्थात् यदि धारावाही चालक तार चुम्बकीय क्षेत्र के लम्बवत् दिशा में हो, तो उस पर लगने वाला बल महत्तम होगा।

चुम्बकीय फ्लक्स (Magnetic Flux): चुम्बकीय क्षेत्र में रखी हुई किसी सतह के लम्बवत् गुजरने वाली कुल चुम्बकीय रेखाओं की संख्या को उस सतह का चुम्बकीय फ्लक्स कहते हैं। चुम्बकीय फ्लक्स की SI इकाई वेबर (wb) है।

चुम्बकीय क्षेत्र (Magnetic Field): चुम्बकीय क्षेत्र की परिभाषा किसी बिन्दु पर चुम्बकीय फ्लक्स के पद में भी दी जाती है यथा प्रति इकाई क्षेत्रफल से लम्बवत् गुजरने वाली चुम्बकीय फ्लक्स उस बिन्दु का चुम्बकीय क्षेत्र कहलाता है।

चुम्बकीय क्षेत्र का मात्रक (Unit of strength of magnetic field): चुम्बकीय क्षेत्र का SI मात्रक टेसला (T) होता है।

1 टेसला = 1 वेबर / मीटर^2

चुम्बकीय क्षेत्र को गॉस में भी व्यक्त किया जाता है। (1 गॉस = 10^{-4} टेसला)

SI. unit of strength of mag. field.

1 Tesla (T) $= 1\ NA^{-1}m^{-1}$
$= 1 wbm^{-2}$
$= 10^4$ Gauss

सरलरेखी धारावाही चालक के कारण चुम्बकीय क्षेत्र : एक धारावाही चालक अपने चारों ओर एक चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न कर लेता है। एक लम्बे एवं सीधे तार में, जिसमें I धारा प्रवाहित हो रही है, r दूरी पर स्थित बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र (B) का मान निम्नलिखित सूत्र से प्राप्त होता है—

$B = 2 \times 10^{-7} I$ न्यूटन / एम्पीयर·मीटर

धारामापी (Galvanometer) : विद्युत् परिपथ में विद्युत् धारा की उपस्थिति बताने [illegible] को धारमापी कहते हैं। इसमें एक कुंडली होती है, जो चुम्बकीय ध्रुव खंडों के मध्य स्थित होती है। कुंडली से एक संकेतक जुड़ा रहता है, जो एक अर्द्धवृत्ताकार स्केल पर घूमकर धारा की उपस्थिति बताता है। इस यंत्र से 10^{-6} एम्पियर तक की विद्युत् धारा को मापा जा सकता है।

शंट (Shunt) : शंट एक अत्यन्त ही कम प्रतिरोध वाला तार होता है। शंट उच्च धाराओं से धारामापी की रक्षा करता है, क्योंकि यह मुख्य धारा का अधिकांश भाग अपने अन्दर होकर प्रवाहित कर दता है। शंट का प्रतिरोध कम होने से शंटयुक्त धारामापी का कुल प्रतिरोध भी बहुत कम होता जाता है।

आमीटर (Ammeter) : धारामापी के समानान्तर क्रम में शंट लगाकर आमीटर बनाया जाता है। इसकी सहायता से विद्युत् धारा का मान एम्पियर में ज्ञात किया जाता है। एक आदर्श आमीटर का प्रतिरोध शून्य होना चाहिए। आमीटर को विद्युत्-परिपथ के श्रेणीक्रम में लगाया जाता है।

वोल्टमीटर (Voltmeter) : धारामापी के श्रेणीक्रम में एक उच्च प्रतिरोध लगाकर वोल्टमीटर बनाया जाता है। इसकी सहायता से दो बिन्दुओं के बीच विभवान्तर ज्ञात किया जाता है। इसको उन दो बिन्दुओं के बीच समानान्तर क्रम में जोड़ते हैं, जिनके बीच विभवान्तर ज्ञात करना होता है। वोल्टमीटर का प्रतिरोध बहुत अधिक होता है। एक आदर्श वोल्टमीटर का प्रतिरोध अनन्त होना चाहिए।

विद्युत् चुम्बकीय प्रेरण (Electromagnetic Induction) : यदि किसी बन्द परिपथ में होकर गुजरने वाले चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन कर दिया जाय, तो परिपथ में विद्युत् धारा उत्पन्न हो जाती है, विद्युत् धारा उत्पन्न होने की इस घटना को विद्युत् चुम्बकीय प्रेरण कहते हैं। चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन से उत्पन्न विद्युत् धारा को प्रेरित विद्युत् धारा (Induced current) तथा विद्युत वाहक बल (e.m.f) को प्रेरित विद्युत्वाहक बल (Induced e.m.f) कहते हैं। परिपथ में प्रेरित विद्युत् धारा का अस्तित्व तब तक रहता है, जब तक फ्लक्स परिवर्तन होता है। विद्युत् चुम्बकीय प्रेरण का उपयोग हृदय के लिए कृत्रिम पेसमेकर, डायनमो, ट्रांसफॉर्मर आदि बनाने में किया जाता है।

लेंज का नियम (Lenz's law) : प्रेरित विद्युत् वाहक बल की दिशा सदैव ऐसी होती है कि वह उस कारण का विरोध करती है, जिससे इसकी उत्पत्ति हुई है।

स्व-प्रेरण (Self induction) : ऐसी घटना जिसमें स्वयं की धारा से उत्पन्न फ्लक्स में परिवर्तन होने से किसी परिपथ में प्रेरित विद्युत् वाहक बल उत्पन्न हो जाता है, उसे **स्व-प्रेरण** कहते हैं। स्व-प्रेरण को स्व-प्रेरण गुणांक (स्व-प्रेरकत्व) द्वारा मापते हैं। इसका मात्रक **हेनरी** (Henry–H) होता है।

नोट : *किसी कुंडली से सम्बद्ध फ्लक्स उसमें प्रवाहित धारा के अनुक्रमानुपाती होता है।*

अन्योन्य प्रेरण (Mutual Induction) : एक कुंडली में धारा परिवर्तन करके दूसरी कुंडली में प्रेरित विद्युत् वाहक बल उत्पन्न करने की घटना को अन्योन्य प्रेरण कहते हैं।

अन्योन्य प्रेरण गुणांक (Coefficient of Mutal Induction) : दो कुंडलियों के मध्य अन्योन्य प्रेरण गुणांक, संख्यात्मक दृष्टि से एक कुंडली में उत्पन्न उस प्रेरित विद्युत् वाहक बल के बराबर होता है, जो दूसरी कुंडली में एकांक धारा परिवर्तन की दर के कारण उत्पन्न होता है। अन्योन्य प्रेरण गुणांक या अन्योन्य प्रेरकत्व का मात्रक भी हेनरी होता है।

फैराडे के विद्युत-चुम्बकीय प्रेरण का नियम (Faraday's Laws of Electromagnetic Induction)

प्रथम नियम : जब किसी कुंडली से सम्बद्ध चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन होता है, तो उस कुंडली में एक प्रेरित विद्युत् वाहक बल उत्पन्न हो जाता है।

द्वितीय नियम: प्रेरित विद्युत् वाहक बल चुम्बकीय फ्लक्स में परिवर्तन की दर के अनुक्रमानुपाती होता है, अर्थात्

प्रेरित वि० वा० ब० $e = -n\dfrac{d\phi}{dt}$ = वोल्ट

जहाँ n = कुंडली में फेरों की संख्यां और $\dfrac{d\phi}{dt}$ = फ्लक्स परिवर्तन की दर।. यहाँ पर ऋणात्मक चिह्न बताता है कि प्रेरित वि० वा० ब० की दिशा ऐसी होती है कि वह अपने उत्पत्ति के मूल कारण का विरोध करता है।

प्रेरित विद्युत् वाहक बल (Induced e.m.f.) : चुम्बकीय क्षेत्र में गतिशील चालक के सिरों पर विद्युत् वाहक बल उत्पन्न हो जाता है। यदि चालक चुम्बकीय क्षेत्र (B) के साथ θ कोण पर गति करें, तो प्रेरित विभवान्तर—

$$V = VBL \sin\theta$$

जहाँ L = चालक की लम्बाई (मी०), V = चालक का वेग (मी०/से०)

B = चुम्बकीय क्षेत्र (वेबर/मी०^2)

अब यदि $\sin\theta = 90°$ अर्थात् चुम्बकीय क्षेत्र (B) के लम्बवत् दिशा में v वेग गतिशील चालक के सिरों पर उत्पन्न वि० वा० बल

$$V = vBL$$

प्रेरित वि० वा० बल का SI मात्रक वोल्ट होता है।

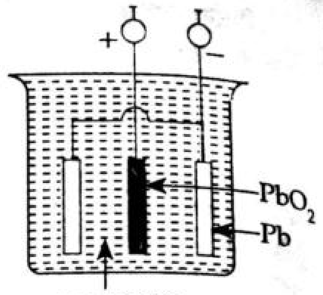
4. रासायनिक प्रभाव

शुद्ध जल विद्युत् का कुचालक होता है, लेकिन जब जल में किसी धातु के लवण, अम्ल अथवा क्षार घुले रहते हैं, तो ऐसा घोल विद्युत् का सुचालक हो जाता है। ऐसे घोल जिससे विद्युत् धारा गुजर सकती है, विद्युत् अपघट्य (Electrolyte) कहलाता है। जब किसी लवण, अम्ल अथवा क्षार घुले जलीय घोल में विद्युत् धारा प्रवाहित की जाती है, तो उसका विद्युत् अपघटन (Electrolysis) होता है, अर्थात् उस विलियन का धनात्मक व ऋणात्मक आयनों में अपघटन (Decomposition) हो जाता है। इस घटना को विद्युत् धारा का रासायनिक प्रभाव कहते हैं। जिस उपकरण में घोल का विद्युत् अपघटन होता है, उसे वोल्टामीटर (Voltameter) कहते हैं। धातु के दो चालक, जो वोल्टामीटर में धारा के प्रवेश (entrance) और निर्गमन (exit) के लिए लगे रहते है, इलेक्ट्रोड (Electrode) कहलाते हैं। जिस इलेक्ट्रोड होकर धारा वोल्टामीटर में प्रवेश करती है, उसे एनोड (Anode) तथा जिससे होकर धारा बाहर निकलती है, उसे कैथोड (Cathode) कहते हैं। अर्थात् वोल्टामीटर के धन इलेक्ट्रोड को एनोड व ऋण इलेक्ट्रोड को कैथोड कहते है। जब विद्युत् अपघट्य में धारा प्रवाहित की जाती है, तो धनायन (Cation) कैथोड की ओर तथा ऋणायन (Anion) एनोड की ओर चलने लगते हैं और उन पर जाकर जमा हो जाते है।

संचायक सेल या **द्वितीयक सेल** (Accumulator or Secondary Cell) : संचायक सेल में विद्युत् ऊर्जा को रासायनिक ऊर्जा के रूप में जमा किया जाता है और जब सेल को किसी परिपथ से जोड़ दिया जाता है, तब सेल के भीतर एकत्रित रासायनिक ऊर्जा विद्युत् ऊर्जा में धीरे-धीरे परिवर्तित होने लगती है। संचायक सेल दो प्रकार के होते हैं—(i) सीसा संचायक सेल (Lead accumulator cell) (ii) क्षारीय संचायक सेल (Alkaline accumulator cell)

सीसा संचायक सेल (Lead Accumalator Cell) : इसमें सीसे की दो पट्टिकाएँ होती हैं। पट्टिकाएँ तनु गंधकाम्ल में डुबी रहती हैं। विद्युत् धारा प्रवाहित करने यानी आवेशन करने पर पानी का विघटन होता है, जिसके कारण हाइड्रोजन कैथोड पर और ऑक्सीजन एनोड पर जमा होता है। ऑक्सीजन ऐनोड पर के सीसे से मिलकर लेड पेरॉक्साइड बनाता है, जो गहरे भूरे रंग का होता है। कुछ देर तक धारा बहने के बाद धारा बन्द कर दी जाती है। इस समय

सेल आवेशित हो जाता है एवं इसका विभवान्तर 2 वोल्ट मिलता है। जब सेल को चालक से जोड़ते हैं, तो बाहरी परिपथ में धारा एनोड से कैथोड की ओर बहती है। इस प्रकार की धारा बहने से हाइड्रोजन लेड पेरॉक्साइड वाली पट्टिका की ओर जाता है और लेड पेरॉक्साइड को लेड मोनोक्साइड (PbO) में परिवर्तित कर देता है, जो गंधकाम्ल से मिलकर लेड सल्फेट तथा जल बनाता है। जल के निर्माण से तनु गंधकाम्ल का विशिष्ट घनत्व घट जाता है, जिससे सेल अनावेशित हो जाती है।



सीसा संचायक सेल

पूर्णरूपेण आवेशित रहने पर सेल का वि० वा० बल 2.2 वोल्ट और अनावेशित रहने पर इसका वि० वा० बल 1.8 वोल्ट हो जाता है। सेल के अनावेशन की स्थिति को सल्फेटिंग कहते हैं। सल्फेटिंग की स्थिति सेल से अत्यधिक धारा निकालने पर तथा सेल को अनावेशित दशा में बहुत समय तक रहने पर उत्पन्न होती है।

क्षारीय संचायक सेल (Alkaline Accumulator Cell) : इस सेल को एडिसन या निफे (Ni – Fe) सेल भी कहते हैं। इस सेल में काँच के बर्तन में पोटाशियम हाइड्रॉक्साइड का गाढ़ा (concentrated) घोल रहता है। इस सेल का एनोड इस्पात का जालीदार फ्रेम होता है, जिसमें निकेल हाइड्रॉक्साइड तथा निकेल के छीलन (filings) एकान्तर क्रम से तहों (layers) में जमे रहते हैं। दूसरा प्लेट रंध्रयुक्त (porus) इस्पात का होता है, जिसमें लौह ऑक्साइड (Iron-oxide) का बारीक चूर्ण भरा रहता है। यह प्लेट कैथोड का काम करता है।

सेल का आवेशन (Charging of Cell) : जब सेल को आवेशित करने के लिए इसमें बाहरी स्रोत से विद्युत् धारा प्रवाहित की जाती है, तो विद्युत् अपघटन से पोटाशियम के आयन (K^+) कैथोड पर तथा हाइड्रोक्सिल आयन (OH^-) एनोड पर एकत्रित होते हैं (आवेशन के दौरान)।

इस तरह सेल द्रवित हो जाता है और विपरीतात्मक वि० वा० ब० प्रभावशाली और स्थायी हो जाता है। अब इस सेल को किसी विद्युतीय परिपथ में रखा जाता है, तो इससे धारा बहती है तथा इसके एनोड तथा कैथोड पर क्रमशः K^+ एवं OH^- मुक्त होते हैं (अनावेशन के दौरान)।

पूर्णरूपेण आवेशित होने पर इस सेल का विद्युत् वाहक बल 1.35 वोल्ट तथा अनावेशित होने पर इसका वि० वा० ब० 0.9 वोल्ट हो जाता है। इस सेल का आन्तरिक प्रतिरोध 0.1 ओम होता है।

सेल की दक्षता (Efficiency of a Cell) : किसी सेल की दक्षता सेल द्वारा किए गए लाभदायक कार्य उसी सेल के द्वारा किए गए कुल कार्य का अनुपात है।

$$\text{i.e., सेल की दक्षता} = \frac{\text{सेल द्वारा किए गए लाभदायक कार्य}}{\text{उसी सेल द्वारा किए गए कुल कार्य}}$$

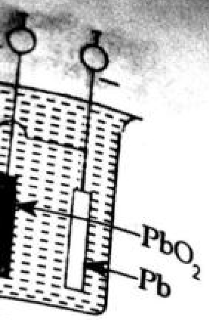
अगर किसी सेल का वि० वा० बल E तथा बन्द परिपथ में ध्रुवों के बीच का विभवान्तर V हो, तो—

$$\text{सेल की दक्षता} = \frac{V}{E}$$

विद्युत्-अपघटन के उपयोग :

(i) धातु का निष्कर्षण (Extraction of metals) : एलुमिनियम, सोडियम, कैल्शियम, मैग्नीशियम आदि धातु विद्युत्-अपघटन से प्राप्त होते हैं। इन्हीं धातुओं का इलेक्ट्रोड बना रहता है और जब इस धातु के नमक वाले घोल से विद्युत् की धारा प्रवाहित की जाती है, तो शुद्ध धातु कैथोड पर एकत्रित हो जाता है।

(ii) विद्युत्-अपघटन से विश्लेषण (Analysis by Electrolysis) : विद्युत्-अपघटन के सिद्धान्त से कुछ यौगिकों (Compounds) को विश्लेषित किया जाता है। इस विधि से HCl, HCN, आदि के बनावट (composition) का पता लगाया जाता है।



यक सेल

के अनावेशन की
कालने पर तथा

डिसन या निफे
साइड का गाढ़ा
होता है, जिसमें
rs) में जमे रहते
on-oxide) का

ए इसमें बाहरी
आयन (K^+)
के दौरान)।
ी और स्थायी
धारा बहती है
के दौरान)।
ा अनावेशित
ध 0.1 ओम

ए लाभदायक

विभवान्तर

लिशियम,
रहता है
धातु

सिद्धान्त
CN,

(iii) विद्युत्-लेपन या कलई करना (Electro-Plating) : विद्युत्-अपघटन के सिद्धान्त से किसी धातु की पतली परत (layer) किसी दूसरी धातु पर चढ़ायी जाती है। जिस धातु पर परत चढ़ाना रहता है, उसका कैथोड और जिस धातु का परत चढ़ाना रहता है उसका ऐनोड बनाया जाता है। इन दोनों को विद्युत्-अपघटन के द्रव में रखकर एक विद्युतीय सेल (Electrolytic Cell) तैयार किया जाता है। इस सेल से जब विद्युत् की धारा प्रवाहित की जाती है, तो ऐनोड वाले धातु से धातु घोल में घुलकर कैथोड वाले धातु पर जमा होता जाता है और इस तरह से कुछ देर के बाद इस धातु की कैथोड वाले धातु पर एक पतली परत जम जाती है। इस क्रिया के लिए प्रायः सोना, चाँदी, ताम्बा, निकेल और क्रोमियम धातु लिया जाता है।

(iv) विद्युतीय-मुद्रण (Electro-typing) : आजकल बड़े-बड़े प्रेसों में अच्छी तरह काम करने के लिए टाइप बनाकर ताँबे के वोल्टामीटर में कैथोड की जगह पर रख दिया जाता है। ऐसा करने से इस पर ताँबे की एक परत जम जाती है। इससे छपाई अच्छी होती है।

(v) विद्युतीय संचक (Electrolytic condenser) : ऐसे संचक में एलुमिनियम के दो इलेक्ट्रोड रहते हैं। इसमें बोरिक एसिड, ग्लिसरिन और अमोनिया जल का मिश्रण विद्युत्-अपघटन द्रव के रूप में रहता है। जब इस तरह द्रव से होकर विद्युत्-धारा प्रवाहित की जाती है तब एनोड पर एलुमिनियम हाइड्रॉक्साइड की परत बन जाती है। यह परत दोनों प्लेटों के बीच पराविद्युत् (Di-electric) का कार्य करती है।

(vi) धातुओं का शुद्धिकरण (Purification of Metals) : इसके लिए अशुद्ध धातु का एनोड और शुद्ध धातु का कैथोड बनाया जाता है। अशुद्ध धातु का घोल के रूप में विद्युत्-अपघटन द्रव बनाया जाता है। जब इस अशुद्ध धातु के घोल से होकर धारा प्रवाहित की जाती है, तो इसमें से शुद्ध धातु निकलकर कैथोड वाले शुद्ध धातु पर जमा होता है। इस तरह से ताँबा का शुद्धिकरण 99.99% तक किया जा सकता है।

5. ऊष्मीय प्रभाव

चालक का प्रतिरोध धारा बहने में रुकावट डालता है, जिससे गतिशील इलेक्ट्रॉन निरन्तर चालक के परमाणुओं से टकराते हैं तथा इस प्रक्रिया में अपनी ऊर्जा चालक के परमाणुओं को स्थानान्तरित करते हैं। इसके कारण चालक का ताप बढ़ जाता है। चालक के ताप बढ़ने की इस घटना को **विद्युत् धारा का ऊष्मीय प्रभाव** कहते हैं। किसी चालक में विद्युत् धारा द्वारा उत्पन्न ऊष्मा

$H = I^2Rt$ जूल (SI पद्धति में)

जहाँ H = उत्पन्न ऊष्मा, I = चालक में बहने वाली धारा,

R = चालक का प्रतिरोध, t = धारा बहने का समय।

$H = I^2Rt$ में विद्युत् धारा द्वारा उत्पन्न ऊष्मा के जो नियम सम्मिलित है, वे जूल के नियम (Joule's Laws) कहलाते हैं, जो निम्नांकित हैं—

(i) यदि किसी चालक का प्रतिरोध नियत रहता है, तो उसमें नियत समय में उत्पन्न ऊष्मा धारा के वर्ग के समानुपाती होती है। अर्थात् $H \propto I^2$ जब R एवं t नियत है।

(ii) यदि किसी चालक में बहती हुई धारा का का मान नियत हो, तो किसी निश्चित समय में उत्पन्न ऊष्मा चालक के प्रतिरोध के समानुपाती होती है।

अर्थात् $H \propto R$, जब I एवं t नियत है।

(iii) यदि किसी चालक का प्रतिरोध तथा बहती हुई धारा नियत हो, तो उसमें उत्पन्न ऊष्मा समय का समानुपाती होती है।

अर्थात् $H \propto t$, जब I एवं R नियत है।

ऊष्मा विद्युत (Thermo electricity) : जब किसी तार को गर्म किया जाता है, तो उससे होकर विद्युत् धारा बहती है। अतः ऊष्मा विद्युत् में किसी तार को गर्म करने से उसमें प्रवाहित विद्युत् धारा का अध्ययन किया जाता है।

सीबेक प्रभाव (Seebeck Effect) : सीबेक ने दो भिन्न-भिन्न पदार्थों के तारों को उनके दोनों सिरे अलग-अलग मिलाकर दो जंक्शन बनाया, जंक्शनों के तापों में अन्तर रहने पर तारों से होकर विद्युत् धारा प्रवाहित होने लगती है। इसी प्रभाव को सीबेक प्रभाव कहते हैं। इस प्रकार बहने वाली विद्युत् धारा को ऊष्मा-विद्युत् धारा कहते हैं। जिस विद्युत् बाहक बल के कारण यह ऊष्मा विद्युत् धारा बहती है, उसे ऊष्मा विद्युत् वाहक बल (Thermo electro motive force) कहते हैं।

सीबेक ने भिन्न-भिन्न धातुओं के जोड़े (couple) बनाकर अपने प्रभाव को दिखाया। इसने धातुओं की एक ऊष्मा विद्युत् श्रेणी बनाई। इस श्रेणी वाले किन्हीं दो धातुओं से ऊष्मा वैद्युत् युग्म बनाने पर उनमें जो धातु श्रेणी में पहले आता है, उससे धारा श्रेणी में अपने से नीचे वाले धातु की ओर ठंढे जंक्शन होकर प्रवाहित होती है। ऊष्मा विद्युत् श्रेणी के कुछ धातु निम्नलिखित है—

1. ऐन्टीमनी
2. लोहा
3. जस्ता
4. चाँदी
5. सोना
6. टिन
7. सीसा
8. ताँबा
9. प्लैटिनम
10. निकेल
11. बिस्मथ

ऊपर की तालिका में क्रम संख्या में सीसा से ऊपर वाली धातु यानी ऐन्टीमनी, लोहा, जस्ता, चाँदी, सोना एवं टिन ऊष्मा विद्युतीय ऋणात्मक एवं क्रम संख्या में सीसा से नीचे वाली धातु यानी ताँबा, प्लैटिनम, निकेल एवं बिस्मथ ऊष्मा विद्युतीय धनात्मक है। ऊष्मा वैद्युत् युग्म में एक धातु से दूसरे धातु में धारा को बहने की दिशा का ज्ञान आसानी से A, B और C शब्द से होता है, जैसे A से एण्टीमनी, B से बिस्मथ और C से ठंढा (Cold) यानी Current Flows from A to B through C गर्म जंक्शन होने पर धारा की दिशा उलट जाती है, जैसे ताँबे एवं लोहे के युग्म में Current Flows from Copper to Iron at the Hot Junction.

पेल्टियर प्रभाव (Peltier Effect) : पेल्टियर प्रभाव सीबेक प्रभाव का व्युत्क्रम प्रभाव है। जब दो भिन्न-भिन्न धातुओं के जोड़े होकर एक धारा प्रवाहित होती है, तब जंक्शन पर या तो ऊष्मा का उत्पादन होता है या अवशोषण होता है। किसी जंक्शन से होकर यदि एक दिशा में धारा के बहने से ऊष्मा का उत्पादन होता है, दूसरी दिशा में धारा के बहने पर उसी जंक्शन पर ऊष्मा का अवशोषण होता है।

थॉम्सन प्रभाव (Thomson Effect) : यदि किसी तार के सिरे पर के तापों को नियत रखकर तार के बीच वाले भाग के ताप को बढ़ाया जाता है और साथ-साथ तार से होकर विद्युत् धारा प्रवाहित की जाती है, तो तार का पहला आधा भाग ठंढा और दूसरा आधा भाग गर्म हो जाता है। तार में धारा की दिशा बदल देने पर गर्म एवं ठंढे भाग भी आपस में बदल जाते हैं। इस प्रभाव को **थॉम्सन प्रभाव** कहते हैं।

ऊष्मीय प्रभाव पर आधारित घरेलू उपकरण (Home Appliances based on Heating Effect) : विद्युत् धारा के ऊष्मीय प्रभाव का उपयोग घरेलू उपकरणों जैसे—विद्युत् हीटर, विद्युत् प्रेस, बल्ब, ट्यूब-लाइट आदि में किया जाता है।

विद्युत् हीटर (Electric Heater) : इसमें प्लास्टर ऑफ पेरिस का बना एक खांचेदार प्लेट होता है, जिसमें मिश्रधातु निक्रोम (निकल एवं क्रोमियम का मिश्रधातु) का एलीमेंट लगा होता है। अत्यधिक प्रतिरोध होने कारण जब इससे विद्युत् धारा गुजारी जाती है, तो यह लाल तप्त हो जाता है और अत्यधिक ऊष्मा देता है। लाल तप्त अवस्था में तार का ताप 800°C से 1000°C तक होता है। एक अच्छे हीटर के एलीमेण्ट की प्रतिरोधकता अधिक होनी चाहिए साथ ही उच्च ताप पर ऑक्सीकरण नहीं होना चाहिए।

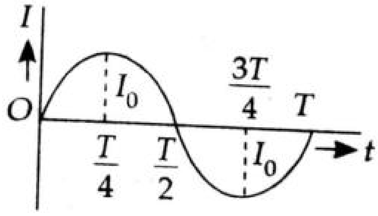
विद्युत् प्रेस (Electric Iron) : घरेलू विद्युत् प्रेस में अभ्रक के ऊपर नाइक्रोम का तार लिपटा हुआ रहता हैं। अभ्रक एक अच्छा प्रतिरोधी है, जो ऊँचे ताप पर भी नहीं पिघलता है। इस प्लेट को इस्पात के उचित आकार के आवरण के अन्दर रखा जाता है। इस आवरण के ऊपर कुचालक पदार्थ का हत्था लगा रहता है। जब तार में धारा प्रवाहित की जाती है तो वह गरम हो जाती है, जिससे आवरण भी गरम हो जाती है, जो कपड़े को प्रेस कर देती है।

विद्युत बल्ब (Electirc Blub) : विद्युत् बल्ब का आविष्कार **थॉमस एल्वा एडीसन (Thomas Alva Edison)** ने किया था। इसमें टंगस्टन धातु का तन्तु (फिलामेंट) लगा होता है। टंगस्टन के ऑक्सीकरण को रोकने के लिए बल्ब के अन्दर निर्वात् कर दिया जाता है। कभी-कभी पूर्णतः निर्वात् न करके उसके अन्दर नाइट्रोजन या आर्गन गैस भर दी जाती है, ताकि उच्च ताप पर टंगस्टन का वाष्पीकरण न हो। उच्च ताप पर टंगस्टन वाष्पीकृत होकर बल्ब की दीवारों को काला कर देता है, जिसे **ब्लैकनिंग** (Blackening) कहते हैं। टंगस्टन धातु का प्रयोग बल्ब में उसके गलनांक (3500°C) उच्च होने के कारण किया जाता है। धारा प्रवाहित किए जाने पर तन्तु का ताप 1500°C से 2500°C तक हो जाता है। साधारण बल्ब में दी गई विद्युत् ऊर्जा का 5% से 10% भाग ही प्रकाश में परिवर्तित होता है।

ट्यूब लाइट (Tube Light) : इसमें काँच की एक लम्बी ट्यूब होती है, जिसके अन्दर की दीवारों पर प्रतिदीप्तशील पदार्थ (Fluorescent Substances) का लेप चढ़ा रहता है। ट्यूब के अन्दर अक्रिय गैस जैसे आर्गन को कुछ पारे के साथ भर देते हैं। ट्यूब के दोनों किनारों पर बेरियम ऑक्साइड की तहें चढ़े हुए दो तन्तु लगे होते हैं। जब तन्तुओं में धारा प्रवाहित की जाती है, तो इनसे इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होते हैं, जो ट्यूब में भरी गैस का आयनीकरण करते हैं। आयनीकरण से उत्पन्न आयनों के प्रवाह के फलस्वरूप ट्यूब में धारा बहने लगती है। ट्यूब स्थित पारा गरमी पाकर वाष्पित होता है तथा इससे विद्युत् उत्सर्जन होने के कारण पराबैंगनी किरणें (UV Rays) उत्पन्न होती हैं। जब ये किरणें ट्यूब की दीवारों पर पुते प्रतिदीप्तशील पदार्थ पर पड़ती है, तो वह उन्हें अवशोषित करके निचली आवृत्ति के दृश्य प्रकाश का उत्सर्जन करती है। ट्यूब में उपयोग किया जाने वाला प्रतिदीप्तशील इस प्रकार लगाया जाता है कि उससे उत्पन्न प्रकाश सूर्य के प्रकाश के समान श्वेत दिखाई पड़ता है। ट्यूब में ऊष्मा ऊर्जा कम उत्पन्न होती है, इसीलिए लगभग 60 से 70% विद्युत् ऊर्जा प्रकाश ऊर्जा में बदल जाती है। इसीलिए ट्यूब की दक्षता बल्ब की तुलना में अधिक होती है। जैसे—एक 40 वाट की टयूब एक 40 वाट की बल्ब की तुलना में 6 से 8 गुना अधिक प्रकाश देती है।

6. प्रत्यावर्ती धारा

प्रत्यावर्ती धारा (Alternating current, a.c.) : यह एक ऐसी धारा है, जिसका परिमाण एवं दिशा समय के साथ बदलते हैं। यह धारा पहले एक दिशा में शून्य से अधिकतम व अधिकतम से शून्य तथा फिर विपरीत दिशा में शून्य से अधिकतम व अधिकतम से शून्य हो जाती है। इसे प्रत्यावर्ती धारा का एक चक्र (cycle) कहते हैं। प्रत्यावर्ती धारा को उत्पन्न करने वाला विभवान्तर (वि० वा० बल) भी प्रत्यावर्ती होता है। इसका समीकरण है—



$$V = V_0 \sin \omega t$$

जहाँ V = विभवान्तर का तात्क्षणिक मान, V_0 = विभवान्तर का शिखर मान

प्रत्यावर्ती धारा के एक चक्र का समीकरण—

$$I = I_0 \sin \omega t$$

जहाँ I = तात्क्षणिक धारा, I_0 = धारा का शिखर मान यानी अधिकतम मान,

$\omega = 2\pi f$; जहाँ, f = धारा की आवृत्ति, t = प्रारंभ से कोई क्षण है।

व्यवहार में प्रत्यावर्ती धारा का वर्ग माध्य मूल मान [root mean square (*rms*) value] ही व्यक्त किया जाता है।

$$I_v = I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = 0.707\, I_0$$ जहाँ I_v = virtual value of a.c.

अर्थात् प्रत्यावर्ती धारा का वर्ग माध्य मूल मान शिखर मान का 0.707 गुणा (या 70.7%) होता है।

प्रत्यावर्ती धारा को उत्पन्न करने वाला विभवान्तर (वि० वा० बल) भी प्रत्यावर्ती होती है। प्रत्यावर्ती विद्युत् वाहक बल का समीकरण है—

$$V = V_0 \sin \omega t$$

जहाँ V एवं V_0 क्रमशः प्रत्यावर्ती विद्युत् वाहक बल के तात्क्षणिक तथा शिखर मान हैं।

प्रत्यावर्ती धारा का पूरे चक्र में औसत मान शून्य होता है। प्रत्यावर्ती धारा का पहले आधे चक्र में औसत मान $\frac{2I_0}{\pi} = 0.637\, I_0$ तथा दूसरे आधे चक्र में औसत मान $0.637\, I_0$ होता है। I_0 प्रत्यावर्ती धारा का शिखर मान है।

भारत के घरों में सप्लाई की जाने वाली प्रत्यावर्ती धारा का शिखर (peak) वोल्टेज ± 311 वोल्ट तथा आवृत्ति 50 Hz होती है। दिष्ट धारा (d.c.) की अपेक्षा समान वोल्टेज प्रत्यावर्ती धारा (a.c.) अधिक खतरनाक होती है। कारण यह है कि 220V की a.c. का वास्तविक मान – 311V से + 311V तक होता है, जबकि 220V की d.c. का वास्तविक मान 220V ही होता है।

प्रत्यावर्ती धारा आमीटर एवं वोल्टमीटर (a.c. Ammeter & Voltmeter) : प्रत्यावर्ती धारा के पूरे चक्र (cycle) के लिए धारा का मान शून्य होता है। अतः यदि प्रत्यावर्ती धारा किसी विद्युत् चुम्बकीय आमीटर या धारामापी में प्रवाहित की जाय, तो उसका निर्देशक शून्य पर ही रहेगा। इसी कारण प्रत्यावर्ती धारा एवं विभवान्तर को मापने के लिए तप्त तार आमीटर एवं वोल्टमीटर का प्रयोग किया जाता है। प्रत्यावर्ती धारा आमीटर के पाठ्यांक से सीधे धारा का वर्ग माध्य मूल मान (*rms* value) प्राप्त होता है। इसी प्रकार प्रत्यावर्ती वोल्टमीटर के पाठ्यांक से सीधे वोल्टेज का वर्ग माध्य मूल मान (*rms* value) प्राप्त होता है।

वाटहीन धारा (Wattless current) : जब प्रत्यावर्ती धारा (a.c.) परिपथ में बिना ऊर्जा का व्यय किए प्रवाहित होती हो, तो ऐसी धारा को वाटहीन धारा कहते हैं। ऐसी धारा तभी प्रवाहित होगी, जब परिपथ में ओमीय प्रतिरोध का मान शून्य हो।

दिष्ट धारा (d.c.) की तुलना में प्रत्यावर्ती धारा (a.c.) के दोष : प्रत्यावर्ती धारा के निम्न दोष है—

(i) प्रत्यावर्ती धारा के द्वारा विद्युत्-अपघटन (Electrolysis) नहीं हो सकता है, इसलिए एल्युमिनियम कारखाने तथा अन्य कारखानों में जहाँ विद्युत्-अपघटन की आवश्यकता होती है, वहाँ दिष्ट धारा का प्रयोग किया जाता है। इसी कारण से कलई (Electro-plating) करने के काम में भी दिष्ट धारा का व्यवहार किया जाता है। (ii) प्रत्यावर्ती को दिष्ट धारा के समान संचायक सेल (Accumalator Cell) में संचित नहीं किया जाता है। (iii) विद्युत् चुम्बकों (Electro-magnets) में केवल दिष्ट धारा का प्रयोग किया जाता है।

चोक-कुण्डली (Choke coil) : विद्युत् परिपथ में प्रत्यावर्ती धारा की प्रबलता कम करने वाली कुंडली को चोक-कुंडली कहा जाता है। प्रतिरोध की सहायता से धारा घटाने पर विद्युत् ऊर्जा का अपव्यय ऊष्मा ऊर्जा के सृजन के रूप में होता है जबकि चोक-कुंडली की सहायता से धारा घटाने पर ऊर्जा का अपव्यय बहुत ही कम होता है। अल्प आवृत्ति की प्रत्यावर्ती धारा के साथ व्यवहार में लाये गए चोक-कुंडली का क्रोड़ (core) नर्म लोहे (चुम्बकीय) का बना होता है। अधिक आवृत्ति की प्रत्यावर्ती धारा के साथ व्यवहार में लाए गए चोक-कुण्डली का क्रोड़ (core) लोहे का बना होता है।

$$\text{चोक-कुंडली शक्ति गुणांक } \cos\phi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + L^2\omega^2}}$$

जहाँ R = परिपथ का प्रतिरोध, L = परिपथ का प्रेरकत्व, ω = धारा की कोणीय आवृत्ति

नरम लोहे से बने कुंडली का प्रेरकत्व (L) काफी अधिक होता है और आवृत्ति (ω) कम होने पर भी इसका प्रतिघात ($L\omega$) का मान अधिक होता है। लोहे से बने कुंडली का प्रेरकत्व (L) कम होता है और उसकी आवृत्ति (ω) अधिक होती है, इसीलिए इसका भी प्रतिघात ($L\omega$) काफी अधिक होता है। चोक-कुंडली का प्रयोग घरों की ट्यूब लाइट, रेडियो तथा परानली लैम्प में किया जाता है।

ट्रांसफॉर्मर (Transformer) : यह एक ऐसा उपकरण है, जिससे बिना विद्युत् शक्ति नष्ट किए हुए प्रत्यावर्ती धारा के वि० वा० बल का मान बढ़ाया या घटाया जाता है। यह विद्युत्-चुम्बकीय प्रेरण (Electro-magnetic induction) के सिद्धांत पर कार्य करता है। एक परतदार नर्म लोहे की आयताकार क्रोड (laminated soft iron rectangular core) पर आमने-सामने दो कुंडलियां लपेटकर ट्रांसफॉर्मर बनाया जाता है। a.c. स्रोत से जुड़ने वाली कुण्डली को प्राथमिक कुण्डली (Primary Coil) एवं बाह्य परिपथ से जुड़नेवाली कुंडली को द्वितीयक कुंडली (Secondary Coil) कहा जाता है। यदि ट्रांसफॉर्मर की प्राथमिक तथा द्वितीयक कुण्डलियों में तार के फेरों (turns) की संख्या क्रमशः N_p तथा N_s हो तथा इन कुंडलियों के सिरों पर विभवान्तर V_p व V_s हो, तो आदर्श ट्रांसफॉर्मर के लिए $\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} = r$ को परिणमन निष्पत्ति (Transformation Ratio) कहते हैं।

$N_s > N_p$ (अर्थात् $r > 1$) हो, तो $V_s > V_p$ होगा। अतः ऐसे ट्रांसफॉर्मर को उच्चायी ट्रांसफॉर्मर (Step-Up Transformer) कहते हैं। यदि $N_s < N_p$ (अर्थात् $r < 1$) हो, तो $V_s < V_p$ होगा। अतः ऐसे ट्रांसफॉर्मर को अपचायी ट्रांसफॉर्मर (Step-Down Transformer) कहते हैं।

नोट : *ट्रांसफॉर्मर केवल प्रत्यावर्ती धारा (a.c.) के लिए प्रयुक्त किया जाता है।*

डायनमो या ए० सी० जेनरेटर (Dynamo or a.c. Generator) : यह एक ऐसा यंत्र है, जो यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत् ऊर्जा में परिवर्तित कर देता है। यह विद्युत् चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धान्त पर कार्य करता है। जब तारों की एक कुंडली को स्थायी चुम्बकीय क्षेत्र में घुमाया जाता है, तो उसमें प्रेरित विद्युत् धारा उत्पन्न हो जाती है। यह बाह्य परिपथ में a.c. भेजता है। a.c. जेनरेटर के सर्पी वलयों (slip rings) के स्थान पर विभक्त वलय (split rings) प्रयुक्त किए जाय, तो a.c. जेनरेटर d.c. जेनरेटर में बदल जाता है। यह बाह्य परिपथ में दिष्ट धारा भेजता है।

माइक्रोफोन (Microphone) : इसकी सहायता से ध्वनि ऊर्जा को विद्युत् उर्जा में परिवर्तित किया जाता है। इसकी सहायता से ध्वनि को एक स्थान से दूसरे स्थान तक भेजा जाता है। माइक्रोफोन का सिद्धान्त विद्युत्-चुम्बकीय प्रेरण (Electro-magnetic Induction) पर आधारित होता है। इसमें धातु के दो प्लेटों के मध्य कार्बन के दाने (carbon granules) रखे होते हैं। इन प्लेटों में एक प्लेट स्थिर तथा दूसरी प्लेट गतिशील होती है। इसे डायफ्रॉम (Diaphram) कहते हैं। जब कोई वक्ता बोलता है डायफ्रॉम कम्पन करने लगता है। डायफ्रॉम के साथ एक कुंडली जुड़ी रहती है, जो एक चुम्बकीय क्षेत्र में रखी होती है तथा डायफ्रॉम के साथ-साथ कम्पन करती है। इस कारण इसमें एक विद्युत् वाहक बल उत्पन्न हो जाता है। इस वि० वा० ब० का मान उच्चायी ट्रांसफॉर्मर की सहायता से बढ़ा दिया जाता है। यह विद्युत् ऊर्जा जब दूसरे स्थान पर पहुँचता है तो लाऊडस्पीकर या टेलीफोन अभिग्राही (telephone receiver) के द्वारा पुनः ध्वनि ऊर्जा में परावर्तित कर दिया जाता है।

लाउडस्पीकर (Loudspeaker) : इसकी सहायता से माइक्रोफोन द्वारा प्रेषित विद्युत् तरंगों को पुनः ध्वनि तरंगों में परिवर्तित किया जाता है। इसमें एक कुंडली होती है, जो एक शक्तिशाली चुम्बकीय क्षेत्र में रखी होती है तथा एक शंक्वाकार कागज या धातु के बेलन से जुड़ी होती है, जिसे डायफ्रॉम कहते हैं। जब माइक्रोफोन से प्रेषित धारा कुंडली से प्रवाहित होती है, तो यह चुम्बकीय क्षेत्र में कम्पन करने लगता है। डायफ्रॉम का आकार काफी बड़ा होता है, अतः इसके कम्पन से बड़े आयाम के कम्पन उत्पन्न होते हैं, जिससे तीव्र ध्वनि उत्पन्न होती है।

विद्युत मोटर (Electric Motor) : विद्युत् धारा के कारण उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र द्वारा किसी चालक में गति उत्पन्न की जा सकती है। इसी सिद्धांत पर विद्युत् मोटर कार्य करती है। विद्युत् मोटर के इस सिद्धान्त को माइकल फैराडे (Michael Faraday) ने दिया था। इन्होंने ने ही सर्वप्रथम प्रयोग द्वारा यह दिखाया था किसी धारावाही चालक में चुम्बक द्वारा गति उत्पन्न की जा सकती है। विद्युत् मोटर में तार की एक कुंडली होती है, जो आयताकार होती है। यह कुंडली किसी आर्मेचर (Armature) पर लिपटी रहती है। आर्मेचर चुम्बक के ध्रुवों के बीच धुरी पर घूर्णन करने के लिए

स्वतंत्र होती है। कुंडली में धारा प्रवाहित करने पर चुम्बकीय क्षेत्र कुंडली की विपरीत भुजाओं को ऊपर तथा नीचे की ओर धकेल देती है। इससे कुंडली दक्षिणावर्त (rightnand) घूम जाती है, लेकिन दिक्-परिवर्तक ध्रुवता में कुंडली के आधे घूर्णन के बाद परिवर्तन आ जाता है। इस परिवर्तन के कारण अब भुजाओं पर लगने वाला बल उल्टा हो जाता है। इस प्रकार लगातार घूर्णन होते रहने से विद्युत् मोटर गतिशील रहती है। विद्युत् मोटर इस प्रकार विद्युत् ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में बदलता है। विद्युत् मोटर विद्युत्-चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धान्त पर कार्य नहीं करती है।

7. विद्युत् शक्तिं संयंत्र

विद्युत शक्ति संयंत्र (Electric Power Plant) : विद्युत् शक्ति संयंत्र में टरबाइन (turbine) द्वारा विद्युत् उत्पन्न की जाती है। टरबाइन में ब्लेड (पंखे) लगे होते हैं, जिन्हें घुमाया जाता है। जल विद्युत् संयंत्र (Hydel Electric Power Plant) में टरबाइन को घुमाने के बाँध बनाकर रोके गए जल को टरबाइन के पंखे पर गिराते है। ताप विद्युत् संयंत्र (Thermal Electric Power Plant) में एवं परमाणु विद्युत् संयंत्र (Atomic Electric Power Plant) में भाप द्वारा टरबाइन को घुमाते हैं। वायु शक्ति संयंत्र में वायुदाब द्वारा टरबाइन घुमाया जाता है। ताप विद्युत् संयंत्र में भाप उत्पन्न करने के लिए कोयला (coal) या प्राकृतिक गैस (natural gas) का उपयोग किया जाता है। परमाणु विद्युत् संयंत्र में भाप उत्पन्न करने के लिए नाभिकीय ऊर्जा (Nuclear Energy) का उपयोग किया जाता है। टरबाइन के अक्ष के साथ एक कुंडली या क्रोड़ (core) लगी रहती है जो टरबाइन के घुमने पर (किसी स्थायी चुम्बकीय क्षेत्र में) घूमने लगती है और विद्युत् उत्पन्न करती है।

प्राथमिक शक्ति स्टेशनों पर जो विद्युत् उत्पन्न होती है, वह प्रत्यावर्ती धारा होती है तथा उसकी वोल्टता 22,000V या उससे अधिक हो सकती है। विद्युत् धारा को उपभोक्ताओं तक संचरण लाइनों द्वारा भेजा जाता है। ग्रिड उपस्टेशन प्रायः ट्रासफॉर्मरों की सहायता से वोल्टता बढ़ा देते हैं, जो 1,32,000V तक भी हो सकती है। इतनी अधिक वोल्टता पर विद्युत् संचरण में विद्युत् ऊर्जा का क्षय बहुत कम हो जाता है। इसके बाद विभिन्न उपस्टेशनों पर यह वोल्टता धीरे-धीरे कम कर दी जाती है और अन्ततः उपभोक्ताओं को सामान्यतः 220V पर उपलब्ध करायी जाती है। लेकिन इसका उच्च या शीर्ष विभव 310 वोल्ट होता है।

8. घरेलू विद्युत्

घरेलू विद्युत् सप्लाई (Domestic Power Supply) : घरों में दी जाने वाली विद्युत् 220V की a.c. धारा होती है। इसकी आवृत्ति 50Hz होती है, अर्थात् इसकी ध्रुवता (polarity) प्रति सेकण्ड 100 बार बदलती है। एक चक्र में धारा की ध्रुवता (यानी दिशा) दो बार बदलती है। घरों में दी जाने वाली इस धारा को मुख्य-धारा मेन लाइन कहते हैं तथा जिस तार से यह धारा प्रवाहित होती है, उसे मेन्स कहते है। घरों में दी जाने वाली धारा 5A एवं 15A की होती है। 5A की धारा को घरेलू और 15A की धारा पावर लाइन कहते हैं। 5A धारा का उपयोग बल्ब, ट्यूब, रेडियो, T.V. आदि के उपयोग में आता है। 15A की धारा का प्रयोग हीटर, आयरन, रेफ्रिजरेटर में होता है।

घरेलू वायरिंग (Domestic Wiring) : घरों में दी जाने वाली धारा में तीन प्रकार के तार प्रयोग में लाए जाते हैं, जिन्हें विद्युन्मय या जीवित (Live), उदासीन (Neutral) तथा भू-तार (earth) कहते हैं। विद्युन्मय तार सामान्यतः लाल रंग का, उदासीन तार सामान्यतः काले रंग का और भू-तार सामान्यतः हरे रंग का होता है। विद्युन्मय तार से धारा प्रवाहित होती है, उदासीन तार धारा वापस ले जाती है। घरों में प्रायः दो अलग-अलग परिपथ बनाए जाते हैं एक 5A के उपकरणों के लिए दूसरा 15A के उपकरणों के लिए। भू-तार का संबंध पृथ्वी से होता है, यह एक सुरक्षा का साधन है। प्रत्येक परिपथ में उपकरण को विद्युन्मय एवं उदासीन तारों के बीच जोड़ा जाता है। प्रत्येक उपकरण को संचालित करने के लिए एक स्विच लगा होता है। स्विच हमेशा विद्युन्मय तार में जोड़ा जाता है।

विद्युत् फ्यूज तार (Electric Fuse Wire)ः विद्युत् परिपथों की सुरक्षा के लिए सबसे आवश्यक युक्ति फ्यूज है। फ्यूज ऐसे तार का टुकड़ा होता है, जिसके पदार्थ का गलनांक बहुत कम होता है। जब परिपथ में अतिभारण (overloading) या लघु पथन (short circuiting) के कारण बहुत अधिक धारा प्रवाहित हो जाती है, तब फ्यूज का तार गरम होकर पिघल जाता है। इसके फलस्वरूप परिपथ टूट जाता है और उसमें धारा प्रवाहित होनी बन्द हो जाती है। जिसके कारण परिपथ से जुड़े उपकरण खराब होने से बच जाते हैं। फ्यूज तार सदैव विद्युन्मय तार में जोड़ा जाता है। अच्छे फ्यूज तार टिन का बना होता है। परन्तु सस्ता फ्यूज तार सीसा एवं टिन के मिश्रधातु का बना होता है। फ्यूज तार की मोटाई एवं लम्बाई परिपथ में अधिकाधिक स्वीकृत धारा की मात्रा पर निर्भर करती है। 15A के परिपथ में फ्यूज तार मोटा होता है और उसकी क्षमता 15A की होती है। 5A के परिपथ का फ्यूज तार पतला होता है एवं उसकी क्षमता 5A की होती है। फ्यूज तार हमेशा उचित गेज (रेटिंग) का लगाना चाहिए। कई बार आवश्यक धारा सीमा का तार प्राप्त नहीं होने पर हम उसके स्थान पर ताँबे का तार लगा देते हैं। यह खतरनाक प्रवृत्ति है क्योंकि ऐसा करने से फ्यूज का कोई मतलब नहीं रह जाता। इससे तो विद्युत् परिपथ में फ्यूज की जो भूमिका है वही समाप्त हो जाती है। आजकल फ्यूज के स्थान पर लघु परिपथ विच्छेदक (Miniature Circuit Breakers–MCB) का उपयोग किया जाने लगा है।

विद्युतिकी के महत्त्वपूर्ण मात्रक

A. स्थिर-विद्युत्की

भौतिक राशि	मात्रक	संकेत
विद्युत् आवेश (Electric Charge)	कुलम्ब (Coulomb)	q या C
विद्युत् विभव (Electric Potential)	वोल्ट (Volt)	V
विभवान्तर (Potential Difference)	वोल्ट (Volt)	V
विद्युत् धारिता (Electric Capacity or, Capacitance)	फैराड (Farad)	F

B. विद्युत् धारा

भौतिक राशि	मात्रक	संकेत
विद्युत् धारा (Electric Current)	एम्पियर (Ampere)	A
प्रतिरोध (Resistance)	ओम (Ohm)	Ω
विशिष्ट प्रतिरोध (Specific Resistance or, Resistivity)	ओम मीटर (Ohm Metre)	Ωm
विद्युत् चालकता (Electric Conductivity)	ओम$^{-1}$ (Ohm^{-1}) या, म्हो (mho) या, सीमेन (Simen)	Ω^{-1} S
विशिष्ट चालकता (Specific Conductivity or, Conductance)	ओम$^{-1}$ मीटर$^{-1}$ या, म्हो मीटर$^{-1}$ या, सीमेन मीटर$^{-1}$	$\Omega^{-1} m^{-1}$ Sm^{-1}
विद्युत् शक्ति (Electric Power)	वाट (Watt)	W

महत्त्वपूर्ण संबंध

विभवान्तर (V) = विद्युत् धारा (I) × प्रतिरोध (R)

i.e., $V = A \times \Omega$

विद्युत् शक्ति (P) = विभवान्तर (V) × विद्युत् धारा (I)

i.e., $W = V \times A$

VI. चुम्बकत्व

लगभग 600 ईसा पूर्व से ज्ञात है कि मैग्नेटाइट नामक खनिज पदार्थ के टुकड़ों में लोहे के पदार्थों को आकर्षित करने का गुण है। ऐसे पदार्थों को चुम्बक (Magnet) कहा गया एवं लोहे को आकर्षित करने के गुण को चुम्बकत्व (Magnetism) कहा गया। प्रकृति में मिलने के कारण इन्हें प्राकृतिक चुम्बक (Natural Magnet) कहते हैं। रासायनिक रूप से यह लोहे का ऑक्साइड (Fe_3O_4) होता है। इसकी कोई निश्चित आकृति नहीं होती है। कुछ पदार्थों को कृत्रिम विधियों द्वारा चुम्बक बनाया जा सकता है, जैसे लोहा, इस्पात, कोबाल्ट आदि। इन्हें कृत्रिम चुम्बक (Artificial Magnet) कहते हैं। ये विभिन्न आकृति की होती हैं, जैसे—छड़ चुम्बक, घोड़ा-नाल चुम्बक, चुम्बकीय सूई आदि।

चुम्बक के गुण

आकर्षण (Attraction) : चुम्बक में लोहे, इस्पात आदि धातुओं को अपनी ओर आकर्षित करने की क्षमता होती है। यदि किसी चुम्बक को लौह बुरादों के पास लाया जाय, तो बुरादा चुम्बक में चिपक जाता है। चिपके हुए बुरादे की मात्रा, चुम्बक के दोनों सिरों पर सबसे अधिक एवं मध्य में सबसे कम होती है। इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि चुम्बक की आकर्षण शक्ति उसके दोनों किनारों पर सबसे अधिक एवं मध्य में सबसे कम होती है। चुम्बक के किनारे के दोनों सिरें को चुम्बक के ध्रुव (pole) कहलाते हैं।

दिशात्मक गुण (Directional Property) : यदि किसी चुम्बक को धागे से बाँधकर मुक्त रूप से लटका दिया जाय, तो स्थिर होने पर उसका एक ध्रुव उत्तर की ओर और दूसरा ध्रुव दक्षिण की ओर हो जाता है। उत्तर दिशा सूचित करने वाले ध्रुव को चुम्बक का उत्तरी ध्रुव या धनात्मक ध्रुव (North Pole or +ve Pole) तथा दक्षिण दिशा सूचित करने वाले ध्रुव को चुम्बक का दक्षिणी ध्रुव या ऋणात्मक ध्रुव (South Pole or –ve Pole) कहते हैं। चुम्बक के उत्तरी ध्रुव को N से एवं दक्षिणी ध्रुव को S से व्यक्त करते हैं। दंड चुम्बक के दोनों ध्रुवों से होकर गुजरने वाली काल्पनिक सरल रेखा को उस चुम्बक का चुम्बकीय अक्ष (Magnetic Axis) कहते हैं। दोनों ध्रुवों के बीच की दूरी को चुम्बकीय लम्बाई (Magnetic Length) कहते हैं। मुक्त रूप से लटकता हुआ दंड चुम्बक जब स्थिर होता है तब उसके अक्ष से होकर गुजरने वाली एक ऊर्ध्वाधर समतल को चुम्बकीय याम्योत्तर (Magnetic Meridian) कहते हैं।

ध्रुवों का आकर्षण एवं प्रतिकर्षण (Attraction & Repulsion of Poles) : दो चुम्बकों के असमान (unlike) ध्रुव (अर्थात् उत्तरी-दक्षिणी) एक-दूसरे को आकर्षित करते हैं तथा दो समान (like) ध्रुव (अर्थात् उत्तरी-उत्तरी या दक्षिणी-दक्षिणी) एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करते हैं। एक विलग (isolated) ध्रुव का कोई अस्तित्व नहीं होता। किसी चुम्बक को बीच से तोड़ देने पर इसके ध्रुव अलग-अलग नहीं होते, बल्कि टूटे हुए भाग पुनः चुम्बक बन जाते हैं तथा प्रत्येक भाग में उत्तरी तथा दक्षिणी ध्रुव उत्पन्न हो जाते हैं। अतः एक अकेले चुम्बकीय ध्रुव का कोई अस्तित्व नहीं होता है।

चुम्बकीय प्रेरण (Magnetic Induction) : चुम्बक चुम्बकीय पदार्थों में प्रेरण द्वारा चुम्बकत्व उत्पन्न कर देता है। नर्म लोहे की छड़ को किसी शक्तिशाली चुम्बक के एक ध्रुव के समीप लायें, तो वह छड़ भी एक चुम्बक बन जाती है। छड़ के उस सिरे पर जो चुम्बक के ध्रुव के समीप है, विपरीत ध्रुव बनता है तथा छड़ के दूसरे छोर पर समान ध्रुव बनता है। इस घटना को चुम्बकीय प्रेरण कहते हैं।

चुम्बकीय क्षेत्र (Magnetic Field) : चुम्बक के चारों ओर का वह क्षेत्र, जिसमें चुम्बक के प्रभाव का अनुभव किया जा सकता है, चुम्बकीय क्षेत्र कहलाता है। चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा चुम्बकीय सूई (magnetic needle) से निर्धारित की जाती है। चुम्बकीय क्षेत्र का मात्रक C·G·S· पद्धति में गौस (Gauss) तथा S.I. पद्धति में टेसला (Tesla–T) होता है। (1 Gauss = 10^{-4} Tesla)

चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता या, चुम्बकीय तीव्रता (Intensity of a Magnetic Field or, Magnetic Intensity): चुम्बकीय क्षेत्र में क्षेत्र के लम्बवत् एकांक लम्बाई का ऐसा चालक तार रखा जाए जिसमें एकांक प्रबलता की धारा प्रवाहित हो रही हो, तो चालक पर लगने वाला बल ही चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता की माप होगी। चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता एक सदिश राशि है। इसका मात्रक न्यूटन/ऐम्पीयर मीटर अथवा वेबर/मी०^2 या टेसला (T) होता है।

चुम्बकीय बल रेखाएँ (Magentic Lines of Force): चुम्बकीय क्षेत्र में बल-रेखाएँ वे काल्पनिक रेखाएँ हैं, जो उस स्थान में चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा का सतत प्रदर्शन करती हैं। चुम्बकीय बल-रेखा के किसी भी बिन्दु पर खींची गई स्पर्श-रेखा उस बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा को प्रदर्शित करती है।

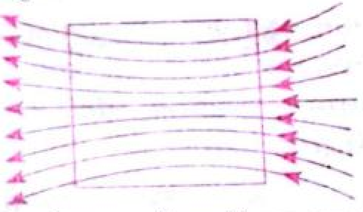
चुम्बकीय बल-रेखाओं के गुण :

(i) चुम्बकीय बल-रेखाएँ सदैव चुम्बक के उत्तरी ध्रुव से निकलती हैं तथा वक्र बनाती हुई दक्षिणी ध्रुव में प्रवेश कर जाती हैं और चुम्बक के अन्दर से होती हुई पुनः उत्तरी ध्रुव पर वापस आती हैं।

(ii) दो बल-रेखाएँ एक-दूसरे को कभी नहीं काटती हैं।

(iii) चुम्बकीय क्षेत्र जहाँ प्रबल होता है, वहाँ बल-रेखाएँ पास-पास होती हैं।

(iv) एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र की बल-रेखाएँ परस्पर समान्तर एवं बराबर-बराबर दूरियों पर होती हैं।



चुम्बकशीलता (Permeability): जब किसी चुम्बकीय क्षेत्र में कोई चुम्बकीय पदार्थ रखा जाता है, तो उससे होकर अधिक-से-अधिक चुम्बकीय बल रेखाएँ गुजरती हैं। जैसे—यदि एक कच्चे लोहे की छड़ को किसी चुम्बकीय क्षेत्र में रख दिया जाता है, तो क्षेत्र की बल रेखाएँ, जो लोहे के छड़ के अलग-बगल की हवा में रहती हैं, मुड़कर लोहे के छड़ से होकर जाती हैं। अर्थात् लोहे की छड़ जितना स्थान छेकती है, उस स्थान पर हवा रहने से जितनी बल रेखाएँ रहती हैं, उनसे अधिक बल रेखाएँ उस स्थान पर लोहे की छड़ के रहने से रहती हैं। इससे स्पष्ट है कि लोहा बल-रेखाओं का बहुत अच्छा चालक है। पदार्थ की इस चालक-शक्ति को चुम्बकशीलता कहते है। अतः किसी पदार्थ की चुम्बकशीलता हवा की तुलना में बल-रेखाओं के चालन की उसकी शक्ति है। अर्थात् पदार्थ का वह गुण जिसके कारण उसके भीतर चुम्बकीय बल-रेखाओं की सघनता बढ़ या घट जाती है चुम्बकशीलता कहलाती है। चुम्बकशीलता को μ (म्यू) से निरूपित करते हैं।

$\mu = \frac{B}{H}$ जहाँ H = हवा में प्रति वर्ग मी० बल रेखाओं की संख्या,

B = चुम्बकीय पदार्थ में प्रति वर्ग मी० से गुजरने वाली बल रेखाएँ।

चुम्बकशीलता का मात्रक हेनरी/मी० होता है।

नोट : *ऐलुमिनियम की चुम्बकशीलता लोहे से कम होती है।*

चुम्बकीय प्रवृति (Magnetic Susceptibility): किसी पदार्थ की चुम्बकीय प्रवृति से यह समझा जाता है कि वह पदार्थ कितनी सुगमता से कितना अधिक चुम्बकत्व ग्रहण करता है। यदि चुम्बकन क्षेत्र (Magnetic field) अर्थात् पदार्थ को चुम्बकित करने वाले बल का मान H हो और वह पदार्थ में चुम्बकन तीव्रता I उत्पन्न कर सके, तो चुम्बकीय प्रवृति—

$$\chi = \frac{1}{H} = K \text{ (नियतांक)}$$

यहाँ χ को काई पढ़ा जाता है। K (नियतांक) को पदार्थ की चुम्बकीय प्रवृति कहते हैं। अतः एकांक चुम्बकन-क्षेत्र के कारण किसी पदार्थ में जो चुम्बकन-तीव्रता उत्पन्न होती है, उसे उस पदार्थ की चुम्बकीय प्रवृति कहते हैं।

चुम्बकीय पदार्थ के प्रकार (Types of Magnetic Substances): सभी पदार्थों में थोड़ा बहुत चुम्बकीय गुण पाया जाता है, क्योंकि प्रयोग से यह देखा गया है कि जब पदार्थों को शक्तिशाली चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है, तो उन पर कुछ न कुछ अंश तक चुम्बकीय प्रभाव अवश्य ही पड़ता है। इस प्रभाव के आधार पर पदार्थ को तीन श्रेणियों में बाँटा जा सकता है—

(i) अनुचुम्बकीय (Paramagnetic): कुछ पदार्थ ऐसे हैं, जिन्हें चुम्बकीय क्षेत्र में लटका देने पर विक्षेप की दिशा समानान्तर हो जाती है। इन पदार्थों के अन्दर प्रेरित चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा बाह्य आरोपित चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में ही होती है। इस श्रेणी के पदार्थों की चुम्बकशीलता μ और चुम्बकीय प्रवृति K का मान बहुत कम होता है। ऐसे पदार्थों को जब समरूप चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है, तो हवा की अपेक्षा पदार्थ से होकर अधिक बल रेखाएँ गुजरती हैं। इन पदार्थों के उदाहरण हैं—प्लैटिनम, क्रोमियम, सोडियम, पोटाशियम, ऑक्सीजन, ऐल्युमिनियम आदि।

(ii) लौह-चुम्बकीय (Ferromagnetic) : उन पदार्थों को लौह-चुम्बकीय कहते हैं, जो चुम्बकों द्वारा आकर्षित होते हैं तथा जिन्हें चुम्बकित भी किया जा सकता है। वास्तव में ये पदार्थ अनुचुम्बकीय ही हैं; लेकिन इनमें अनुचुम्बकीय पदार्थों के गुण इतने अधिक परिमाण में पाए जाते हैं कि इन्हें एक अलग श्रेणी में रखा जाता है। लौह चुम्बकीय पदार्थों के लिए μ एवं K का मान बहुत अधिक होता है। लौह चुम्बकत्व उन्हीं पदार्थों में पाया जाता है, जिनकी बनावट विशेष प्रकार से क्रिस्टलीय (crystalline) होती है। द्रव और गैस की कोई विशेष बनावट नहीं होती, इसीलिए वे कभी लौह-चुम्बकीय नहीं होते हैं। इस श्रेणी में तीन तत्व लोहा (Fe), कोबाल्ट (Co) और निकेल (Ni) तथा उनके मिश्रधातु आते हैं।

(iii) प्रतिचुम्बकीय (Diamagnetic): कुछ पदार्थ ऐसे भी हैं, जिन्हें चुम्बकीय क्षेत्र में लटका देने पर वे क्षेत्र के समकोणिक दिशा में आ जाते हैं। इस श्रेणी के पदार्थों की चुम्बकशीलता μ का मान बहुत कम और चुम्बकीय प्रवृति K का मान ऋणात्मक होता है। ऐसे पदार्थों को जब समरूप चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है, तो हवा की अपेक्षा पदार्थ से होकर कम बल रेखाएँ गुजरती हैं। बिस्मथ, एण्टीमनी, चाँदी, ताँबा, जिंक, सोना, सीसा, जल, अल्कोहल, हवा, हाइड्रोजन आदि इस श्रेणी के पदार्थ हैं।

चुम्बक के प्रकार : चुम्बक दो प्रकार के होते हैं—अस्थायी तथा स्थायी।

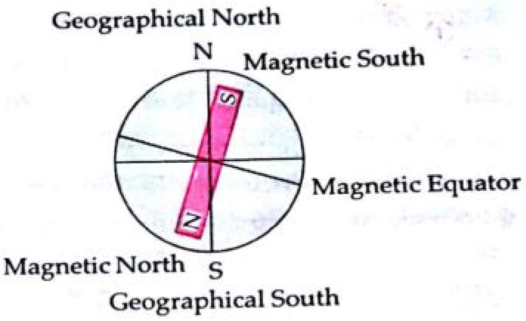
अस्थायी चुम्बक (Temporary Magnet) : नर्म लोहा (soft iron) शीघ्र ही चुम्बक बन जाता है और शीघ्र ही इसका चुम्बकत्व समाप्त भी हो जाता है। इसीलिए अस्थायी चुम्बक बनाने के लिए नर्म लोहे का प्रयोग किया जाता है। उदाहरण के लिए विद्युत घण्टी, ट्रांसफॉर्मर क्रोड़, डायनेमो आदि के अस्थायी चुम्बक नर्म लोहे के बनाये जाते हैं।

स्थायी चुम्बक (Permanent Magnet) : फौलाद या इस्पात (steel) कठिनता से चुम्बक बनता है और कठिनता से ही इसका चुम्बकत्व समाप्त होता है। उदाहरण के लिए लाउडस्पीकर, दिक्सूचक, गैल्वेनोमीटर आदि के स्थायी चुम्बक इस्पात के ही बनाये जाते हैं।

क्यूरी ताप (Curie-Temperature): जब किसी लौह-चुम्बकीय पदार्थ को गर्म किया जाता है, तो उसकी चुम्बकीय प्रवृति K परम ताप T के व्युत्क्रमानुपाती (inversely proportional) होती है, अर्थात् $K \propto \frac{1}{T}$ इसे क्यूरी का नियम (Curie's Law) कहते हैं। ताप बढ़ने से K का मान घटता है। ताप बढ़ाते जाने पर एक ऐसा ताप आता है, जिस ताप पर यह लौह चुम्बकीय पदार्थ अनुचुम्बकीय पदार्थ बन जाता है। इस ताप को क्यूरी ताप (Curie Temp.) कहते हैं। क्यूरी ताप से ऊपर लौह-चुम्बकीय पदार्थ की चुम्बकीय प्रवृति उस ताप का व्युत्क्रमानुपाती होता है, जितना ताप क्यूरी बिन्दु से ऊपर रहता है। कोबाल्ट, निकेल और लोहा के क्यूरी बिन्दु क्रमशः लगभग 373K, 673K और 973 K हैं।

डोमेन (Domains): लौह चुम्बकीय पदार्थ में प्रत्येक परमाणु ही एक चुम्बक होता है और उनमें असंख्य परमाणुओं के समूह होते हैं, जिन्हें डोमेन कहते हैं। एक डोमेन में 10^{18} से 10^{21} तक परमाणु होते हैं। लौह चुम्बकीय पदार्थों का तीव्र चुम्बकत्व इन डोमेनों के कारण ही होता है।

पार्थिव चुम्बकत्व या भू-चुम्बकत्व (Terresterial magnetism or, Earth's Magnetism) : जब किसी चुम्बकीय सूई को स्वतंत्रतापूर्वक उसके गुरुत्व केन्द्र से लटकाया जाता है, तो वह हमेशा उत्तर-दक्षिण दिशा में स्थिर होता है। इस तरह से चुम्बकीय सूई को एक निश्चित दिशा में स्थिर होना, पृथ्वी की सतह पर चुम्बकीय क्षेत्र की उपस्थिति को बताता है। पृथ्वी के चुम्बकीय बल क्षेत्र के अध्ययन से पता चलता है कि पृथ्वी का आचरण एक विशाल चुम्बक जैसा है, जिसका चुम्बकीय उत्तरी ध्रुव भौगोलिक दक्षिणी ध्रुव की ओर और चुम्बकीय दक्षिणी ध्रुव भौगोलिक उत्तरी ध्रुव की ओर होता है। मुक्त रूप से निलंबित सूई को यदि पृथ्वी पर उत्तर से दक्षिण की ओर ले जाया जाए तो ऐसे दो स्थान मिलते हैं, जहाँ सूई की दिशा उर्ध्वाधर हो जाता है। इन दो स्थानों में एक स्थान पर उर्ध्वाधर सूई का उत्तरी ध्रुव पृथ्वी की ओर हो जाता है। इस स्थान को पृथ्वी का चुम्बकीय उत्तरी ध्रुव कहते हैं। दूसरे स्थान पर ऊर्ध्वाधर सूई का दक्षिणी ध्रुव पृथ्वी की ओर हो जाता है। इस स्थान को पृथ्वी का चुम्बकीय दक्षिणी ध्रुव कहते हैं। पृथ्वी के केन्द्र से होकर एक सरल रेखा की कल्पना करें, जो पृथ्वी के चुम्बकीय उत्तरी तथा दक्षिणी ध्रुवों से गुजरती है। इस सरल रेखा को पृथ्वी का चुम्बकीय अक्ष कहते हैं। पृथ्वी के भौगोलिक अक्ष एवं चुम्बकीय अक्ष के बीच का कोण लगभग 17° होता है। अतः पृथ्वी के भौगोलिक तथा चुम्बकीय ध्रुव एक-दूसरे से अलग होते हैं।



किसी स्थान पर पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र को तीन तत्वों द्वारा व्यक्त किया जाता है—दिक्पात् कोण, नमन कोण तथा चुम्बकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक।

(i) दिक्पात कोण (Angle of Declination) : किसी स्थान पर भौगोलिक याम्योत्तर तथा चुम्बकीय याम्योत्तर के बीच के कोण को **दिक्पात कोण** कहते हैं।

नोट : *किसी स्थान पर पर चुम्बकीय याम्योत्तर (Magnetic Meridian) वह ऊर्ध्वाधर समतल है, जो पृथ्वी के चुम्बकीय अक्ष से गुजरता है और भौगोलिक याम्योत्तर (Geographical Meridian) वह ऊर्ध्वाधर समतल है, जो पृथ्वी के भौगोलिक अक्ष से गुजरता है।*

(ii) नमन कोण (Angle of Dip) : किसी स्थान पर पृथ्वी का सम्पूर्ण चुम्बकीय क्षेत्र क्षैतिज तल के साथ जितना कोण बनाता है, उसे उस स्थान का नमन कोण कहते हैं। पृथ्वी के ध्रुव पर नमन कोण का मान 90° तथा विषुवत रेखा पर 0° होता है।

(iii) चुम्बकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक (Horizontal Component of Earth's Magnetic Field) : पृथ्वी के सम्पूर्ण चुम्बकीय क्षेत्र का क्षैतिज घटक (H) अलग-अलग स्थानों पर अलग-अलग होता है। परन्तु इसका औसत मान लगभग 0.4 गॉस या 0.4×10^{-4} टेसला माना जाता है।

VII. आधुनिक भौतिकी

परमाणु संरचना (Atomic Structure) : प्राचीन काल से ही दार्शनिक मानते रहे हैं कि प्रत्येक पदार्थ छोटे-छोटे कणों से मिलकर बना है। परन्तु इसका कोई प्रायोगिक प्रमाण नहीं था। सन् 1803 ई० में डाल्टन ने बताया कि प्रत्येक पदार्थ छोटे-छोटे कणों से बना होता है, जिन्हें परमाणु (Atom) कहते हैं। डाल्टन ने उस समय बताया कि परमाणु का किसी भी भौतिक अथवा रासायनिक विधि द्वारा विभाजन नहीं किया जा सकता, परन्तु, आगे चलकर परमाणु का भी विभाजन हुआ और विभाजक कणों को पदार्थ का मौलिक कण कहा गया।

मौलिक कण (Fundamental Particles) : भौतिकी में मूल कण वे कण हैं, जिनकी संरचना किन्हीं और कणों से नहीं हुई है और जिनका विभाजन नहीं किया जा सकता। सन् 1932 ई० से पूर्व तक इलेक्ट्रॉन एवं प्रोटॉन ही केवल मूल कण माने जाते थे। सन् 1932 ई० में चैडविक

(Chadwick) द्वारा न्यूट्रॉन नामक आवेशरहित कण की खोज की गयी तब इसकी संख्या तीन हो गई। इसके बाद मूल कणों की संख्या में तेजी से वृद्धि हुई। आज मूल कणों की संख्या 30 से ऊपर पहुँच चुकी है। कुछ प्रमुख मूल कण इस प्रकार हैं—

(1) इलेक्ट्रॉन (Electron) : इसकी खोज सन् 1897 ई० में जे० जे० थॉमसन (J.J. Thomson) के द्वारा की गयी थी। उन्हें 'आधुनिक भौतिकी का जनक' (The Father of Modern Physics) कहा जाता है। इलेक्ट्रॉन एक ऋणावेशित मूल कण है तथा परमाणु के नाभिक के चारों ओर विभिन्न ऊर्जा स्तरों वाले कक्षाओं में चक्कर काटते रहते हैं। इस पर 1.6×10^{-19} कूलम्ब ऋण आवेश होता है। इसका द्रव्यमान 9.1×10^{-31} किग्रा होता है। यह एक स्थायी (stable) मूल कण है।

(2) प्रोटान (Proton) : यह एक धनात्मक मूल कण है, जो परमाणु के नाभिक में रहता है। इसकी खोज 1896 ई० में गोल्डस्टीन (Goldstein) ने की थी। इस मूल कण का नामकरण रदरफोर्ड (Rutherford) ने किया। इस पर 1.6×10^{-19} कूलम्ब धन आवेश होता है। इनका द्रव्यमान 1.67×10^{-27} किग्रा० होता है। यह एक स्थायी मूल कण है।

(3) न्यूट्रॉन (Neutron) : इसकी खोज सन् 1932 ई० में चैडविक (Chadwick) ने की थी। यह एक आवेश रहित मूल कण है, जो परमाणु के नाभिक में रहता है। इसका द्रव्यमान प्रोटान के द्रव्यमान के बराबर होता है। यह एक अस्थायी (unstable) मूल कण है। इसका जीवन काल 17 मिनट होता है। न्यूट्रॉन का उपयोग जीव-विज्ञान एवं चिकित्सा विज्ञान में होता है। आवेश रहित होने के कारण इसका उपयोग नाभिकीय विखंडन में किया जाता है।

(4) पॉजिट्रान (Positron) : इसकी खोज सन् 1932 ई० में एण्डरसन (Anderson) ने की थी। यह एक धन आवेशित मूल कण है, जिसका द्रव्यमान व आवेश इलेक्ट्रॉन के बराबर होता है। इसीलिए इसे इलेक्ट्रॉन का एन्टि-कण (Anti-Particle of Electron) भी कहते हैं।

(5) न्यूट्रिनो (Neutrino) : इसकी खोज सन् 1930 ई० पाउली (Pauli) ने की थी। यह द्रव्यमान व आवेश रहित मूल कण हैं। ये दो प्रकार के होते हैं, न्यूट्रिनो एवं एन्टिन्यूट्रिनो। इनके चक्रण (spin) एक-दूसरे के विपरीत होते हैं।

(6) पाई-मेसॉन (π-meson) : इसकी खोज सन् 1935 ई० में एच० युकावा (H.Yukawa) ने की थी। यह दो प्रकार की होती है—धनात्मक पाई मेसॉन एवं ऋणात्मक पाई मेसॉन। यह एक अस्थायी मूल कण है। इसका जीवनकाल 10^{-8} से० होता है। इसका द्रव्यमान इलेक्ट्रॉन के द्रव्यमान का 274 गुना होता है।

(7) फोटॉन (Photon) : ये ऊर्जा के बंडल (packet) होते हैं, जो प्रकाश की चाल से चलते हैं। सभी विद्युत चुम्बकीय किरणों का निर्माण मूल कण से हुआ है। इनका विराम द्रव्यमान (Rest Mass) शून्य होता है।

नाभिक (Nucleus) : परमाणु का केन्द्रीय भाग जिसमें परमाणु का कुल धन आवेश और लगभग सभी द्रव्यमान संकेन्द्रित रहता है परमाणु का नाभिक कहलाता है। नाभिक की त्रिज्या 10^{-12} सेमी० होती है, जबकि परमाणु की त्रिज्या 10^{-8} सेमी० होती है। नाभिक का घनत्व परमाणु के घनत्व से 10^{12} गुना अधिक होता है। चूँकि परमाणु का समस्त द्रव्यमान इसके नाभिक में होता है। इस कारण नाभिक काफी सघन एवं दृढ (rigid) होता है।

परमाणु नाभिक की रचना प्रोटॉनों और न्यूट्रॉनों से होती है। जिन नाभिकों में 2, 8, 14, 20, 28, 50 या 82 न्यूट्रॉन अथवा प्रोट्रॉन या 126 अथवा 152 न्यूट्रॉन होते हैं, वह अन्य नाभिकों की तुलना में अधिक स्थायी होते हैं। ये संख्याएँ स्थायित्व संख्याएँ (Stability Numbers) कहलाती हैं।

नाभिकीय बल (Nuclear Forces) : जो आकर्षण बल परमाणु नाभिक में न्यूक्लिऑनों (प्रोटॉनों और न्यूट्रॉनों) को परस्पर बाँधे रहता है, वे नाभिकीय बल कहलाते हैं। समान आवेश के कारण प्रोटॉनों में प्रतिकर्षण होता है, परन्तु इस प्रतिकर्षण के बाबजूद नाभिक स्थायी होता है. क्योंकि नाभिकीय बल प्रतिकर्षण बल से अधिक होता है। नाभिकीय बल केवल $2f - 3f$ (f = fermi) की दूरी तक सक्रिय होते हैं। ($1f = 10^{-15}$m)

आधुनिक विचारों के अनुसार, नाभिकीय बलों की उत्पत्ति नाभिकीय कण के मध्य मेसॉनों (Mesons) के विनिमय (exchange) से होती है। प्रोटॉन और न्यूट्रॉन के मध्य विद्युत आवेशित मेसॉनों का विनिमय होता है। मेसॉनों के विनिमय से विनिमय बल (exchange force) उत्पन्न होते हैं, जो नाभिकीय कणों को एक-दूसरे से बाँधे रखते हैं।

$$n \xrightarrow[\pi\text{-मेसॉन}]{} p$$

नाभिकीय स्थायित्व (Nuclear Stability) : किसी नाभिक का स्थायित्व (stability) उसमें उपस्थित न्यूट्रॉनों (n) और प्रोटानों (p) की संख्या के अनुपात पर निर्भर करता है। जिन नाभिकों में $n/p = 1$ होता है, वे बहुत स्थायी होते हैं। जब n एवं p का अनुपात 1.5 से अधिक हो जाता है, तो वह नाभिक अस्थायी और रेडियोएक्टिव हो जाता है। परमाणु क्रमांक 83 से ऊपर के परमाणुओं में n/p लगभग 1.5 से 1.6 होता है, फलस्वरूप ये नाभिक रेडियोएक्टिव होते हैं।

समस्थानिक (Isotopes) : वैसे परमाणु जिसमें प्रोटॉनों की संख्या समान हो, परन्तु न्यूट्रॉनों की संख्या भिन्न हो, तो वे समस्थानिक कहलाते हैं। जैसे—C^{12}, C^{13}, C^{14}, ये कार्बन के तीन समस्थानिक है, जिसमें प्रॉटानों की संख्या तो सभी में 6 है, किन्तु न्यूट्रॉनों की संख्या 6, 7 एवं 8 है। समस्थानिकों के रासायनिक गुण समान होते हैं। एक ही तत्व के दो या दो से अधिक समस्थानिक हो सकते हैं। पोलोनियम के 27 समस्थानिक होते हैं। कुछ समस्थानिक कृत्रिम विधि से भी बनाये जाते हैं, इन्हें रेडियो-समस्थानिक (Radio Isotopes) कहते हैं। कृत्रिम रूप से निर्मित समस्थानिक रेडियोसक्रिय होते हैं तथा विभिन्न प्रकार के रेडियोसक्रिय किरणें उत्सर्जित करते हैं।

समभारी (Isobars) : कुछ तत्व वैसे होते है, जिनके परमाणुओं का परमाणु भार समान होता है, किन्तु परमाणु संख्या भिन्न होती हैं ऐसे परमाणुओं को समभारी कहा जाता है। समभारी के रासायनिक गुण भिन्न होते हैं। कैल्सियम और ऑर्गन के परमाणु समभारी होते हैं।

द्रव्यमान-ऊर्जा समतुल्यता (Mass Energy Equivalence) : आइन्स्टीन ने द्रव्यमान और ऊर्जा के बीच एक सम्बन्ध स्थापित किया, जिसे आइन्स्टीन का द्रव्यमान-ऊर्जा सम्बन्ध कहा जाता है। 1905 में आइन्स्टीन ने अपने आपेक्षिकता के सिद्धान्त को प्रतिपादित करके यह सिद्ध किया कि द्रव्यमान एवं ऊर्जा एक-दूसरे से स्वतंत्र नहीं है, बल्कि दोनों एक-दूसरे से संबंधित है तथा प्रत्येक पदार्थ में उसके द्रव्यमान के कारण ऊर्जा भी होती है। सम्पूर्ण नाभिकीय ऊर्जा का मूल स्रोत है—द्रव्यमान का ऊर्जा में परिवर्तन। आईन्स्टीन ने बताया कि प्रत्येक द्रव्यमान (m), ऊर्जा (E) के समतुल्य है $E = mc^2$, जहाँ c निर्वात् में प्रकाश की चाल है, जो 3×10^8 मी०/से० होती है। इस प्रकार 1 किलो ग्राम द्रव्यमान के समतुल्य ऊर्जा $1 \times (3 \times 10^8)^2 = 9 \times 10^{16}$ जूल होती है। अतः m किग्रा० द्रव्यमान के लुप्त (disappear) होने पर mc^2 जूल ऊर्जा उत्पन्न होती है तथा E जूल ऊर्जा उत्पन्न होने में E/c^2 किलोग्राम द्रव्यमान की क्षति (loss) होती है। इससे स्पष्ट है कि जिन अभिक्रियाओं में ऊर्जा उत्पन्न होती है उनमें द्रव्यमान की हानि भी होती है। रासायनिक अभिक्रियाओं में उत्पन्न ऊर्जा अल्प होती है और उसके तुल्य द्रव्यमान की हानि भी नगण्य होती है, इसीलिए यह माना जाता है कि रासायनिक अभिक्रियाओं में द्रव्यमान संरक्षित रहता है। इसके विपरीत नाभिकीय अभिक्रियाओं में द्रव्यमान क्षति अधिक होती है और ऊर्जा भी अधिक विमुक्त (liberate) होती है इसीलिए नाभिकीय अभिक्रियाएं द्रव्यमान संरक्षण नियम का अनपुालन नहीं करती।

द्रव्यमान क्षति (Mass Defect) : किसी परमाणु के नाभिक का द्रव्यमान उसमें उपस्थित न्यूट्रॉनों और प्रोटानों के द्रव्यमानों के योग से हमेशा कम होता है। नाभिक के द्रव्यमान में हुई इस कमी 'द्रव्यमान क्षति' के नाम से जाना जाता है। अतः स्पष्ट है कि जब प्रोटॉन और न्यूट्रॉन मिलकर नाभिक की रचना करते हैं, तो कुछ द्रव्यमान लुप्त हो जाता है। यह लुप्त द्रव्यमान ऊर्जा में परिवर्तित हो जाता है। (i.e., $E = \Delta mc^2$)

परमाणु द्रव्यमान मात्रक (Atomic mass unit, a.m.u.) : कार्बन परमाणु ($^{12}_{6}C$) के द्रव्यमान के $\frac{1}{12}$वें भाग को 1 amu कहते हैं। अतः 1 a.m.u. = $1{\cdot}66033 \times 10^{-27}$ kg। इसे आजकल **एकीकृत परमाणु द्रव्यमान मात्रक** (Unified Atomic Mass Unit) कहते हैं और u द्वारा व्यक्त करते हैं। इस मात्रक की समतुल्य ऊर्जा 931 MeV होती हैं। (1 MeV = 1.6×10^{-13} जूल)

बन्धन ऊर्जा (Binding energy) : जब प्रोटॉन और न्यूटॉन मिलकर नाभिक की रचना करते हैं, तो कुछ द्रव्यमान लुप्त हो जाता है। यह लुप्त द्रव्यमान ऊर्जा में रूपानान्तरित हो जाता है। अतः न्यूट्रॉन एवं प्रोटॉन के संयोग से किसी नाभिक बनने में जो ऊर्जा विमुक्त (liberate) होती है, उसे नाभिक की **बन्धन ऊर्जा** कहते हैं। मान लिया कि किसी नाभिक को बनने में Δm द्रव्यमान लुप्त होती है, तो आइन्स्टीन के द्रव्यमान ऊर्जा समतुल्यता के अनुसार ऊर्जा की मात्रा Δmc^2 होगी।

नाभिकीय विखंडन (Nuclear Fission) : वह प्रक्रिया जिसमें कोई भारी नाभिक दो लगभग समान आकार के नाभिकों में टूट जाता है, **नाभिकीय विखंडन** कहलाता है। **हॉन** तथा **स्ट्रासमैन** (Hahn and Strassmann) नामक दो जर्मन वैज्ञानिक ने सबसे पहले यूरेनियम पर न्यूट्रॉनों की बमबारी करके इसके नाभिक को दो खण्डों में विभाजित किया। यूरेनियम–235 के नाभिक के इस विखंडन में बहुत अधिक ऊर्जा उत्सर्जित होती है, इस ऊर्जा को **नाभिकीय ऊर्जा** कहते हैं। नाभिक के विखंडन से प्राप्त नाभिकों का द्रव्यमान विखंडन से पूर्व के नाभिक के द्रव्यमान से कम होता है। द्रव्यमान में हुई यह कमी, द्रव्यमान-ऊर्जा समीकरण (Mass-Energy Equation) के अनुसार ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है। यूरेनियम–235 का नाभिकीय विखंडन अनेक प्रकार से हो सकता है, उनमें से एक नाभिकीय अभिक्रिया इस प्रकार है—

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \xrightarrow{\quad} ^{141}_{56}\text{Ba} + ^{92}_{36}\text{Kr} + 3^{1}_{0}n \text{ ऊर्जा } (200\text{MeV})$$

यूरेनियम–235 के नाभिकीय विखंडन के उत्पादों में केवल बेरियम (Ba) और क्रिप्टॉन (Kr) के समस्थानिक ही नहीं किन्तु, अन्य कई तत्वों के समस्थानिक भी प्राप्त होते हैं, जिनकी द्रव्यमान संख्याएँ 72 से 162 के मध्य तथा परमाणु क्रमांक 36 से 58 के मध्य होते हैं। यूरेनियम–235 के एक नाभिक के विखंडित होने पर तीन नए न्यूट्रॉन निकलते हैं। यूरेनियम–235 की नाभिकीय विखंडन अभिक्रिया में लगभग 0.214 amu द्रव्यमान की क्षति होती है, जो $0.214 \times 931 = 199.234 \approx$ 200 (लगभग) MeV ऊर्जा के तुल्य है।

शृंखला अभिक्रिया (Chain Reaction) : जब यूरेनियम पर न्यूट्रॉनों की बमबारी की जाती है, तो एक यूरेनियम नाभिक के विखंडन पर बहुत अधिक ऊर्जा व तीन नए न्यूट्रॉन उत्सर्जित होते हैं। ये उत्सर्जित न्यूट्रॉन यूरेनियम के अन्य नाभिकों को भी विखण्डित करते हैं। इस प्रकार यूरेनियम नाभिकों के विखंडन की एक शृंखला बन जाती है तथा यह शृंखला तब तक चलती रहती है, जब तक कि सारा यूरेनियम समाप्त नहीं हो जाता है। शृंखला अभिक्रिया दो प्रकार की होती है—

(i) नियंत्रित शृंखला अभिक्रिया (Controlled Chain Reaction) : नियंत्रित शृंखला अभिक्रिया में विखंडन के दौरान निकलने वाले तीन नए न्यूट्रॉन में से दो को अवशोषित कर लिया जाता है, जिसके कारण यह अभिक्रिया धीरे-धीरे और नियंत्रित तरीके से होती है। यह अभिक्रिया परमाणु भट्टी या परमाणु रिएक्टर (Atomic Reactor) में होती है। इस अभिक्रिया के दौरान निकलने वाली ऊर्जा का उपयोग रचनात्मक कार्य में किया जाता है।

(ii) अनियंत्रित शृंखला अभिक्रिया (Uncontrolled Chain Reaction) : इस अभिक्रिया में अभिक्रिया के दौरान उत्पन्न होने वाले न्यूट्रॉनों की संख्या पर नियंत्रण नहीं होता है। इस कारण विखंडित होने वाले परमाणुओं की संख्या 1, 3, 9, 27, 81 ... के क्रमं में बढ़ता जाता है। इस कारण इस अभिक्रिया में ऊर्जा अत्यन्त तीव्र गति से उत्पन्न होती है तथा बहुत कम समय में बहुत अधिक विनाश कर सकती है। इस अभिक्रिया में प्रचंड विस्फोट होता है। परमाणु बम (Atom Bomb) में यही अभिक्रिया होती है।

परमाणु रिएक्टर (Atomic Reactor) : परमाणु रिएक्टर के द्वारा नाभिकीय ऊर्जा को रचनात्मक कार्यों के प्रयोग में लाया जाता है। यह एक ऐसी युक्ति है, जिसमें यूरेनियम–235 का नियन्त्रित विखंडन कराया जाता है। विखंडन में निकलने वाली ऊष्मा ऊर्जा से पानी का भाप बनाकर टरबाइन चलाया जाता है, जिससे विद्युत् का उत्पादन होता है। प्रथम नाभिकीय रिएक्टर **ऐनरिको फर्मी** (Enrico Fermi) के निर्देशन में अमेरिका के शिकागो विश्वविद्यालय में सन् 1942 ई० में बनाया गया था। नाभिकीय रिएक्टर में ईंधन के रूप में पहले संवर्द्धित यूरेनियम (Enriched Uranium) का प्रयोग किया जाता था। इन दिनों भारत में **थोरियम** एवं **प्लूटोनियम** का भी प्रयोग ईंधन के रूप में किया जा रहा है। विखंडन अभिक्रिया में उत्पन्न न्यूट्रॉनों की गति तीव्र होती है। इन न्यूट्रॉनों की गति को मंदित करने के लिए भारी जल (D_2O) या ग्रेफाइट का प्रयोग **मंदक** (Moderator) के रूप में किया जाता है। विखंडन की शृंखला अभिक्रिया को नियंत्रित रखने के लिए **कैडमियम** या **बोरॉन** की लम्बी छड़ों का उपयोग किया जाता है। ये छड़ें **नियंत्रक छड़ें** (Controller Rods) कहलाती हैं। ये छड़ें विखंडन में उत्पन्न होने वाले तीन नए न्यूट्रॉनों में से दो को अवशोषित कर लेती हैं, जिससे औसतन एक विखंडन के पश्चात् एक ही विखंडन होता है और विखंडन अभिक्रिया नियंत्रित शृंखला अभिक्रिया बनी रहती है। नाभिकीय या परमाणु रिएक्टर के अनेक उपयोग हैं। रिएक्टर से प्राप्त नाभिकीय ऊर्जा पर आधारित विद्युत् गृह (Power House) बनाये जाते हैं। इस प्रकार विद्युत् उत्पादन के लिए कोयले के स्थान पर नाभिकीय ऊर्जा का उपयोग होता है। रिएक्टर से उत्पन्न अनेक प्रकार के रेडियो समस्थानिकों का उपयोग चिकित्सा विज्ञान, कृषि, उद्योग-धन्धे आदि में होता है।

ब्रीडर रिएक्टर (Breeder Reactor) : ऐसा रिएक्टर जो प्रयुक्त किए गए विखंडनीय पदार्थ की तुलना में अधिक विखंडनीय पदार्थ उत्पन्न करता है, **ब्रीडर रिएक्टर** कहलाता है, अर्थात् इसमें प्रयुक्त पदार्थ ही और अधिक मात्रा में उत्पन्न किया जाता है। इसमें यूरेनियम–238 से प्लूटोनियम-239 और थोरियम-232 से यूरोनियम-233 प्राप्त होता है।

भारत तथा अन्य कई देशों में नाभिकीय रिएक्टरों का उपयोग विद्युत् उत्पादन के लिए किया जा रहा है। इसके अतिरिक्त रिएक्टर से रेडियोएक्टिव समस्थानिक भी प्राप्त होते हैं। रिएक्टर द्वारा यूरेनियम-238 को विखंडनयोग्य प्लूटोनियम-239 में परिवर्तित किया जाता है, और तब उसे परमाणु बम के निर्माण में प्रयुक्त किया जा सकता है।

परमाणु बम (Atom Bomb) : परमाणु बम को सामान्यतः **नाभिकीय बम** भी कहा जाता है। इसका सिद्धान्त नाभिकीय विखंडन (Nuclear Fission) पर आधारित है। परमाणु बम को बनाने के लिए यूरेनियम-235 या प्लूटोनियम-239 का प्रयोग किया जाता है। इसमें अनियंत्रित शृंखला अभिक्रिया होती है। प्रथम परमाणु बम जे. राबर्ट ओपन हीमर द्वारा 1945 ई० में बनाया गया था। परमाणु विस्फोट में वायु का प्रचण्ड झोंका आता है तथा ताप कम-से-कम 10^7°C तक पहुँच जाता है तथा लाखों वायुमंडलीय दाब के बराबर दाब उत्पन्न होता है। विस्फोट में अन्धा कर देने वाली चमक तथा कई विनाशकारी रेडियोएक्टिव किरणें उत्पन्न होती हैं, जो विस्फोट के काफी समय बाद तक हानिकारक प्रभाव डालती रहती हैं। द्वितीय विश्व युद्ध में अमेरिका द्वारा जापान के विरुद्ध पहली बार परमाणु बम का प्रयोग किया था। प्रथम परमाणु बम (लिटिल बॉय) 6 अगस्त, 1945 ई० को अमेरिकी वायुसैनिक बमवर्षक विमान बी-29 इनोला गे द्वारा हिरोशिमा पर गिराया गया था। इसके तीन दिन बाद ही 9 अगस्त, 1945 ई० को दूसरा परमाणु बम (फैट मैन) जापान के ही नागासाकी शहर पर गिराया गया था। परमाणु बम नाभिकीय ऊर्जा का विनाशक रूप है। 18 मई, 1974 ई० को राजस्थान के पोखरण में भारत ने अपना पहला परमाणु परीक्षण किया जो नाभिकीय विखण्डन पर आधारित था। फिर 11 एवं 13 मई, 1998 ई० को राजस्थान के पोखरण में ही भारत ने पाँच परमाणु परीक्षण किए, जिनमें ने एक परीक्षण नाभिकीय विखण्डन (11 मई) एवं चार परीक्षण नाभिकीय संलयन (दो–11 मई को, दो–13 मई को) पर आधारित थे। ध्यातव्य है कि परमाणु परीक्षण परमाणु बम बनाने का पूर्वाभ्यास होता है।

नाभिकीय संलयन (Nuclear Fusion) : जब दो या दो से अधिक हल्के नाभिक संयुक्त होकर एक भारी नाभिक बनाते हैं, तो इस अभिक्रिया को **नाभिकीय संलयन** कहते हैं। इस अभिक्रिया

में संलयन से प्राप्त नाभिक का द्रव्यमान, इसके पूर्व के नाभिकों के द्रव्यमान से कम होता है। द्रव्यमान में यह कमी आइन्स्टीन के समीकरण $E = mc^2$ के अनुसार ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है। नाभिकीय संलयन अभिक्रिया का एक उदाहरण है—

$${}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{3}_{1}\mathrm{H} \longrightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{1}_{0}n + \text{ऊर्जा (17.6 MeV)}$$

अर्थात् अत्यधिक दाब व अति उच्च ताप (जो सूर्य के केन्द्रीय भाग में स्थित है) पर एक ड्यूटीरियम नाभिक (${}^{2}_{1}\mathrm{H}$) एक ट्राइटियम नाभिक (${}^{3}_{1}\mathrm{H}$) से संयुक्त होकर हीलियम नाभिक (${}^{4}_{2}\mathrm{He}$; अपेक्षाकृत भारी नाभिक) बनाते हैं तथा एक न्यूट्रॉन एवं 17.6 MeV ऊर्जा विमुक्त करते हैं। नाभिकीय संलयन में दो नाभिक संलयित होते हैं, जो धनावेशित रहते हैं। जब ये दोनों नाभिक एक-दूसरे के समीप आते हैं, तो इनके बीच तीव्र प्रतिकर्षण होता है, जिसके कारण नाभिकों को संलयित करना अत्यन्त कठिन कार्य होता है। इन नाभिकों को संलयित करने के लिए करीब 10^8 K उच्च ताप एवं उच्च दाब की आवश्यकता होती है। नाभिकीय संलयन के लिए इतना अधिक उच्च ताप एवं दाब सामान्य परिस्थितियों में पृथ्वी पर उपलब्ध नहीं है। ताप एवं दाब की ये अवस्थाएँ परमाणु बम की विस्फोट से ही प्राप्त हो सकती हैं। अतः पृथ्वी पर नाभिकीय संलयन परमाणु बम के विस्फोट से ही हो सकता है। वर्तमान समय में लेसर प्रकाश द्वारा हाइड्रोजन समस्थानिक को संलयित करने का प्रयास किया जा रहा है। हाइड्रोजन बम एवं सूर्य के ऊर्जा का स्रोत **नाभिकीय संलयन** प्रक्रिया ही है।

हाइड्रोजन बम (Hydrogen Bomb): अमेरिका, रूस, ब्रिटेन, फ्रांस एवं चीन ऐसे देश हैं, जिन्होंने हाइड्रोजन बम विकसित करने के साथ-साथ उनका परीक्षण भी कर लिया है। 11 मई, 1998 ई० को राजस्थान के पोखरण में भारत ने नाभिकीय संलयन पर आधारित पहला परमाणु परीक्षण किया। 11 मई को किए जाने वाले तीन परीक्षणों में से एक परीक्षण तापीय नाभिकीय अभिक्रिया (हाइड्रोजन बम) पर आधारित था। इससे स्पष्ट है कि भारत ने हाइड्रोजन बम का परीक्षण कर लिया है और उसके पास हाइड्रोजन बम बनाने की क्षमता है। हाइड्रोजन बम का आविष्कार एडवर्ड टेलर ने 1952 ई० में किया। यह नाभिकीय संलयन अभिक्रिया पर आधारित है। संलयन के लिए आवश्यक उच्च ताप एवं दाब की परिस्थितियाँ एक आन्तरिक विखण्डन बम (परमाणु बम) के विस्फोट द्वारा उत्पन्न की जाती है। यह बम परमाणु बम की अपेक्षा 1,000 गुना अधिक शक्तिशाली बम है। इसका मारक क्षेत्रफल परमाणु बम के मारक क्षेत्रफल की तुलना में बड़ा होता है। लेकिन इसका असर परमाणु बम के असर की तुलना में कम समय तक रहता है; पर्यावरण में परमाणु बम का असर लंबे समय तक रहता है और मानव शरीर पर दुष्प्रभाव छोड़ता है। हाइड्रोजन बम से अपार ऊर्जा मुक्त होती है। परन्तु अभी तक इस ऊर्जा को नियंत्रित करके रचनात्मक कार्यों में प्रयुक्त नहीं किया जा सका है, क्योंकि जिस ताप पर संलयन की प्रक्रिया होती है, उस पर परमाणुओं से भी इलेक्ट्रॉन अलग-अलग हो जाते हैं।

सूर्य की ऊर्जा (Solar Energy): सूर्य तथा ब्रह्मांड के अन्य तारों की ऊर्जा का स्रोत वहाँ पर होने वाला नाभिकीय संलयन है। सूर्य का अधिकांश भाग हाइड्रोजन (71%) तथा हीलियम (26%) का बना है। सूर्य के केन्द्र का ताप लगभग दो करोड़ डिग्री सेल्सियस है। इतने अधिक ताप पर हाइड्रोजन नाभिकों का संलयन हीलियम नाभिक में होता रहता है, जिससे बहुत अधिक मात्रा में ताप एवं प्रकाश ऊर्जा विमुक्त होती है। सूर्य जिस दर से ऊर्जा उत्सर्जित कर रहा है उससे अनुमान लगाया जाता है कि वह अभी अगले 1000 करोड़ वर्ष तक इसी दर से ऊर्जा उत्सर्जित करता रहेगा।

VIII. इलेक्ट्रॉनिकी

इलेक्ट्रॉन जब क्वार्ट्ज क्रिस्टलों के भीतर एक नियत पथ पर गति करता है, तो उससे उत्पन्न प्रभावों को **इलेक्ट्रॉनिकी** के अन्तर्गत रखा जाता है। आधुनिक वैज्ञानिक युग में इलेक्ट्रॉनिकी के क्षेत्र में काफी विकास हो चुका है। आज इलेक्ट्रॉनिकी यंत्रों का कृषि, संचार, चिकित्सा, रक्षा, उद्योग, अंतरिक्ष अनुसंधान, इंजीनियरिंग, शिक्षा, घरेलू उपयोग के यंत्रों आदि विभिन्न क्षेत्रों में उपयोग हो रहा है। इलेक्ट्रॉनिक यंत्रों में पहले निर्वात् ट्यूबों का प्रयोग किया जाता था, जो काफी स्थान घेरता था, जिसके कारण 19वीं शताब्दी के आरंभ में बड़े-बड़े रेडियोग्राम देखने को मिलते

थे। धीरे-धीरे निर्वात् ट्यूबों (Vaccum Tubes) का स्थान अर्द्धचालकों (Semiconductors) व ट्रांजिस्टरों (Transistors) ने ले लिया, जो अपेक्षाकृत काफी कम स्थान घेरते हैं और अपेक्षाकृत सस्ते भी होते हैं। आधुनिक समय में धीरे-धीरे इनके स्थान पर इंटीग्रेटेड सर्किट्स (Integrated Circuits) का प्रयोग किया जा रहा है। इनमें सर्वाधिक विकसित तकनीक माइक्रोप्रोसेसर या माइक्रोचिप्स की है।

गैसों में विद्युत् विसर्जन (Electric discharge through gases) : साधारण दाब पर गैसें विद्युत् का कुचालक होती हैं, लेकिन साधारण दाब रहने पर भी अगर इलेक्ट्रोडों के बीच उच्च विभवान्तर स्थापित किया जाता है, तो गैस से होकर विद्युत् प्रवाह होने लगता है। गैसों के दाब कम करने पर उसके बीच कम ही विभवान्तर आरोपित करने से उनसे होकर विद्युत्-प्रवाह होने लगता है, इसी को **विद्युत् विसर्जन** कहते हैं।

विद्युत् विसर्जन की क्रिया में गैसों का आयनीकरण (ionisation) हो जाता है, जिससे गैसों के परमाणु धनायन (Cation) और ऋणायन (Anion) में विभाजित हो जाते हैं। ये आयन विपरीत दिशा में चलने लगते हैं। इन आयनों की गति से ही विद्युत्-प्रवाह होता है।

कैथोड किरणें (Cathode Rays) : जब कभी विसर्जन नली के इलेक्ट्रोडों के बीच प्रेरण कुंडली द्वारा उच्च विभवान्तर स्थापित किया जाता है तथा नली में भरी गैस का दाब 10^{-2} से 10^{-3} मिमी पारे के स्तम्भ के बराबर होता है, तो कैथोड से नीली वर्ण रेखाएँ निकलती हुई दिखाई देती हैं। इन्हें **कैथोड किरणें** कहते हैं। जब ये किरणें कैथोड के सामने की नली के दीवार से टकराती हैं, तो प्रतिदीप्ति (Fluoescence) उत्पन्न करती हैं जिसका रंग काँच की प्रकृति पर निर्भर करता है।

कैथोड किरणों के गुण :

(i) कैथोड किरणें सरल रेखा में चलती हैं। (ii) ये किरणें कैथोड के तल के लम्बवत् उत्सर्जित होती हैं तथा इनकी दिशाएँ एनोड की स्थिति पर निर्भर नहीं करती हैं। (iii) ये किरणें प्रतिदीप्ति उत्पन्न करती हैं। (iv) ये किरणें ऊष्मा उत्पन्न करती हैं तथा इनमें यांत्रिक ऊर्जा होती हैं। (v) ये किरणें विद्युत् क्षेत्र एवं चुम्बकीय क्षेत्र में विक्षेपित होते हैं। (vi) कैथोड किरणें ऋणावेशित होती हैं। (vii) ये किरणें गैसों को आयनीकृत कर देती हैं। (viii) कैथोड किरणें फोटोग्राफिक प्लेट को प्रभावित कर देती हैं। (ix) कैथोड किरणें धातु की प्लेट को भेद कर पार कर जाती हैं। (x) जब ये किरणें उच्च परमाणु क्रमांक वाले धातुओं पर गिरती हैं, तो X-किरणें उत्पन्न करती हैं।

धन किरणें या कैनाल किरणें (Positive or Canal Rays) : सन् 1886 ई० में **गोल्डस्टीन** (Goldstein) ने ज्ञात किया कि यदि विसर्जन नली में कैथोड छिद्रयुक्त हो तथा नली में भरी हुई गैस का दाब 0.0001 मिमी० से 5.05 मिमी० पारे के स्तम्भ के तुल्य हो, तो कैथोड के पीछे एनोड से दूर गैस में प्रकाश चलती हुई दिखाई देती है। कैथोड के छिद्रों से निकलने के कारण **गोल्डस्टीन** ने इन किरणों का नाम **कैनाल किरणें** रखा।

धन किरणों के गुण :

(i) धन किरणें सीधी रेखा में संचरित होती हैं। (ii) ये किरणें काँच पर प्रतिदीप्ति उत्पन्न करती हैं। (iii) ये किरणें फोटोग्राफिक प्लेट को प्रभावित करती हैं। (iv) ये किरणें एल्युमिनियम की बारीक प्लेट को पार कर जाती हैं। (v) ये किरणें गैसों का आयनीकरण करती हैं। (vi) धन किरणों की संचरण की गति कैथोड किरणों की संचरण की गति से बहुत कम होती है। (vii) धन किरणों के प्रत्येक कण का द्रव्यमान उन गैसों के परमाणु के द्रव्यमान के निकट होता है, जिसमें विद्युत् विसर्जित की जाती है।

प्रकाश-विद्युत् प्रभाव (Photo-electric Effect) : जब धातुओं के सतह पर उच्च आवृत्ति की प्रकाश किरणें (γ-किरणें, x-किरणें, पराबैंगनी किरणें एवं दृश्य प्रकाश) आपतित होती हैं, तो उन धातुओं की सतह से इलेक्ट्रॉन का उत्सर्जन होता है। इलेक्ट्रॉनों को **फोटो इलेक्ट्रॉन** (Photo Electron) तथा इस क्रिया को **प्रकाश विद्युत् प्रभाव** कहा जाता है। सबसे पहले इसका **आविष्कार डब्ल्यू. स्मिथ** (W. Smith) ने सन् 1873 ई० किया। कुछ वर्षों के बाद **हर्ट्ज** (Hertz) ने भी इसके बारे में बताया। उन्होंने ने देखा कि जब पराबैंगनी किरण घुण्डियों के चिनगारी पर (on a spark gap) पड़ती है, तो चिनगारी अधिक आसानी से निकलती है। हर्ट्ज के एक वर्ष बाद हौलवाख (Hallwachs), इलस्टर (Elster) और गैटेल (Geitel) ने एक साधारण प्रयोग करके प्रकाश विद्युत् के सर्वसाधारण अभिलक्षण को स्थापित किया। परन्तु प्रकाश-विद्युत प्रभाव की विस्तृत व्याख्या आइन्स्टीन (Einstein) एवं मिलिकन (Millikan) ने की जिसके लिए उन्हें क्रमशः 1921 ई० एवं 1923 ई० में नोबेल पुरस्कार प्राप्त हुआ। सभी धातुएँ X-किरणों एवं γ-किरणों के साथ प्रकाश विद्युत् प्रभाव दिखलाती हैं। सभी क्षारीय धातु एवं जिंक प्रकाश के साथ भी प्रकाश-विद्युत् प्रभाव दिखलाती है। विद्युत् चुम्बकीय तरंगें छोटे-छोटे कणों से बनी होती हैं, जिन्हें फोटॉन (Photon) कहते हैं। फोटॉन ऊर्जा का बंडल (Packets of Energy) होता है। इसमें निहित ऊर्जा $E = h\upsilon$ होता है, जहाँ $h = 6.62 \times 10^{-34}$ Js होती है, जिसे प्लांक नियतांक (Planck's Constant) कहते हैं तथा υ फोटॉन की आवृत्ति होती है। जब ये फोटॉन धातु की सतह से टकराते हैं तब एक फोटॉन की कुल ऊर्जा धातु के एक-एक इलेक्ट्रॉन में स्थानांतरित हो जाती है। यदि यह ऊर्जा धातु की सतह से इलेक्ट्रॉन को निकालने के लिए आवश्यक ऊर्जा के मान के बराबर या उससे अधिक होती है, तो इलेक्ट्रॉन धातु की सतह से बाहर निकल आता है। प्रकाश-विद्युत प्रभाव प्रकाश के कण प्रकृति (particle nature) की पुष्टि होती है।

प्रकाश-विद्युत् प्रभाव के नियम :

(i) जब प्रकाश के विशेष रंग की कोई किरण धातु की सतह पर पड़ती है, तब प्रति सेकण्ड धातु की सतह से निकलने वाले इलेक्ट्रॉनों की संख्या प्रकाश की तीव्रता के समानुपाती होती है।

(ii) उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों की गतिज ऊर्जा का मान शून्य से महत्तम के बीच बदलता रहता है। इलेक्ट्रॉन की इस गतिज ऊर्जा का मान प्रकाश की आवृत्ति पर निर्भर करता है, उसकी तीव्रता पर नहीं।

(iii) धातु की सतह पर पड़ने वाले प्रकाश की आवृत्ति एक निश्चित मान से कम होता है, तो इलेक्ट्रॉन का उत्सर्जन नहीं हो पाता है। आवृत्ति के इस निश्चित मान को दहलीज आवृत्ति (Threshold Frequency) कहते हैं। अर्थात् दहलीज आवृत्ति आपतित प्रकाश की वह न्यूनतम आवृत्ति होती है, जिससे कम आवृत्ति का प्रकाश धातु सतह से इलेक्ट्रॉन उत्सर्जन न कर सके।

दहलीज तरंगदैर्घ्य (Threshold Wavelength) : दहलीज आवृत्ति के संगत तरंगदैर्घ्य को दहलीज तरंगदैर्घ्य कहते हैं। यह वह अधिकतम तरंगदैर्घ्य है, जिससे अधिक तरंगदैर्घ्य का प्रकाश धातु पृष्ठ से इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित नहीं कर सकता है।

$$\lambda_0 = \frac{c}{\upsilon_0} \quad \text{जहाँ } c = \text{प्रकाश का वेग है।}$$

कार्य-फलन (Work function) : यह ऊर्जा का वह न्यूनतम मान है, जो इलेक्ट्रॉनों को धातु के अन्दर से धातु की पृष्ठ तक लाने में व्यय होता है। अर्थात् किसी धातु का कार्य-फलन (Work function) उतने कार्य को कहते हैं, जितना कार्य करने से उस धातु की सतह से इलेक्ट्रॉन का उत्सर्जन प्रारंभ हो जाए। इसे ϕ_0 से प्रदर्शित करते हैं।

$$\phi_0 = h\upsilon_0 = h\frac{c}{\lambda_0} \quad \text{जहाँ } h = \text{प्लांक नियंताक} = 6.6 \times 10^{-34}\,\text{J/s}$$

$$c = \text{प्रकाश का वेग}$$

प्रकाश-विद्युत् प्रभाव के आइन्स्टीन की व्याख्या : सन् 1905 ई० में आइन्स्टीन ने जर्मन वैज्ञानिक मैक्स प्लांक (Max Planck) द्वारा प्रतिपादित क्वाण्टम सिद्धान्त (Quantum Theory) को आधार मानकर प्रकाश-विद्युत् प्रभाव की व्याख्या की। उसने प्रकाश ऊर्जा को छोटे-छोटे बंडलों के रूप में कल्पना की जो प्रकाश के वेग से चलते हैं। इन बंडलों को क्वाण्टा या फोटॉन कहते हैं। प्रत्येक फोटॉन की ऊर्जा $h\upsilon$ के बराबर होती है, जहाँ h प्लांक नियतांक और υ विकिरण की आवृत्ति है। आइन्स्टीन ने बताया कि प्रकाश की तीव्रता इन्हीं फोटॉन की संख्या पर निर्भर करती है। इसके अनुसार, जब $h\upsilon$ ऊर्जा का एक फोटॉन किसी धातु के तल पर आपतित होता है, तो ऊर्जा का एक भाग धातु के तल से इलेक्ट्रॉन निकालने या धातु के परमाणु से इलेक्ट्रॉन मुक्त करने में व्यय होता है, इस ऊर्जा को कार्य-फलन की ऊर्जा (ϕ_0) कहते हैं। फोटॉन की शेष ऊर्जा उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन

को गतिज ऊर्जा प्रदान करती है। यदि उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान m और वेग v हो तो, फोटॉन की ऊर्जा = उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा + कार्य-फलन की ऊर्जा

अर्थात् $h\upsilon = \frac{1}{2} mv^2 + \phi_0$

यदि आवृति फोटॉन की ऊर्जा कार्य-फलन के ऊर्जा के बराबर हो, तो धातु तल से उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन का वेग शून्य होता है। इस स्थिति में फोटॉन की ऊर्जा $h\upsilon_0$ होता है, जहाँ υ_0 दहलीज आवृत्ति (Threshold frequency) है।

$\therefore \quad h\upsilon_0 = 0 + \phi_0 \qquad$ या, $\quad \phi_0 = h\upsilon_0$

अब, $h\upsilon = \frac{1}{2} mv^2 + h\upsilon_0 \qquad$ या, $\quad \frac{1}{2} mv^2 = h(\upsilon - \upsilon_0)$

यह आइन्स्टीन का प्रकाश-विद्युत समीकरण कहलाता है।

प्रकाश-विद्युत् सेल (Photo-Electric Cell) : प्रकाश-विद्युत् सेल के द्वारा प्रकाश ऊर्जा को विद्युत् ऊर्जा में बदला जाता है। प्रकाश-विद्युत् सेल का सिद्धान्त प्रकाश-विद्युत् प्रभाव के सिद्धान्त पर आधारित है। प्रकाश-विद्युत् सेल कई प्रकार के होते हैं, जैसे—प्रकाश चालकीय सेल (Photo Conductive Cell), प्रकाश वोल्टीय सेल (Photo Voltaic Cell), प्रकाश उत्सर्जक सेल (Photo Emissive Cell) आदि।

प्रकाश-विद्युत् सेल के उपयोग :

(i) इसका सर्वाधिक उपयोग सिनेमाघरों में ध्वनि के पुनरुत्पादन (reproduction of sound) व टेलीविजन में किया जाता है।

(ii) सड़कों पर लगी लाइटें प्रकाश-विद्युत् सेलों के द्वारा स्वचालित रूप से रात के समय जल जाती हैं व दिन के समय बुझ जाती हैं।

(iii) दरवाजों को स्वचालित रूप से खोलने व बन्द करने के लिए भी प्रकाश-विद्युत् सेलों का प्रयोग किया जाता है।

(iv) बैंकों की तिजोरियों में प्रकाश-विद्युत् सेल लगे होते हैं, जो चोरी आदि होने की सूचना देते हैं।

(v) प्रकाश-विद्युत् सेलों का उपयोग अंतरिक्ष यान की बैटरियों के आवेशन में किया जाता है। दिन के समय इन बैटरियों को आवेशित किया जाता है तथा रात के समय इनसे बिजली प्राप्त की जाती है।

प्रतिदीप्ति (Fluorescence) : प्रकृति में कुछ पदार्थ ऐसे होते हैं जब उन पर उच्च आवृत्ति या छोटी तरंगदैर्घ्य का प्रकाश (जैसे—पराबैंगनी प्रकाश) डाला जाता है, तो वे उसे अवशोषित कर लेते हैं और अपेक्षाकृत निचली आवृत्ति या ऊँची तरंगदैर्घ्य का प्रकाश उत्सर्जित करते हैं। इन पदार्थों के द्वारा प्रकाश का उत्सर्जन तभी तक होता है, जब तक कि उन पर प्रकाश डाला जाता है। इस घटना को **प्रतिदीप्ति** और ऐसे पदार्थ को **प्रतिदीप्त पदार्थ** कहते हैं। प्रतिदीप्त पदार्थ के उदाहरण है—फ्लोरस्पार (Fluorspar), पेट्रोल (Petrol), कुनीन सल्फेट (Quinine sulphate) यूरेनियम ऑक्साइड, बेरियम प्लेटिनो सायनाइड आदि। प्रतिदीप्त पदार्थ का दैनिक जीवन में कई उपयोग देखने को मिलते हैं, जैसे—इनकी सहायता से आँखों से न दिखायी देने वाले विकिरणों (जैसे—पराबैंगनी किरणें, X-किरणें) का पता लगाया जाता है। X-किरणों का पता लगाने के लिए हम **बेरियम प्लेटिनो सायनाइड** का प्रयोग करते हैं। यह पदार्थ X-किरणों को अवशोषित कर हरे रंग के प्रकाश का उत्सर्जन करते हैं। आजकल घरों में प्रयोग की जाने वाली टयूब लाइट (fluorescent tube) में विभिन्न प्रकार के प्रतिदीप्त पदार्थों का लेप चढ़ाते हैं, जिनसे उनसे विभिन्न रंग के प्रकाश उत्सर्जित होते हैं। टयूब लाइट में लेप के रूप में चढ़ाए जाने वाले प्रतिदीप्त पदार्थ तथा उनसे उत्सर्जित प्रकाश के रंगों का विवरण आगे सारणी में दिया गया है—

प्रतिदीप्त पदार्थ	उत्पन्न प्रकाश का रंग
कैडमियम बोरेट	गुलाबी प्रकाश
जिंक सिलिकेट	हरे रंग का प्रकाश
मैग्नीशियम टंगस्टेट	हल्का नीला रंग का प्रकाश
जिंक बेरीलियम सिलिकेट	पीला प्रकाश
मैग्नीशियम टंगस्टेट + जिंक बेरीलियम सिलिकेट	श्वेत प्रकाश

स्फुरदीप्ति (Phosphorescence) : प्रतिदीप्त पदार्थों पर जब तक प्रकाश डाला जाता है, तभी तक उनसे प्रकाश का उत्सर्जन होता है अर्थात् प्रकाश डालना बन्द करते ही उनसे प्रकाश का उत्सर्जन बन्द हो जाता है। लेकिन कुछ पदार्थ ऐसे भी होते हैं, कि जब उन पर प्रकाश डालना बन्द कर दिया जाता है, तो उसके वाद भी कुछ देर तक प्रकाश का उत्सर्जन करते रहते हैं। इस घटना को स्फुरदीप्ति कहते हैं तथा ऐसे पदार्थों को स्फुरदीप्त पदार्थ कहते हैं। जिंक सल्फाइड, कैल्शियम सल्फाइड, बेरियम सल्फाइड आदि स्फुरदीप्त पदार्थों के उदाहरण हैं। जिंक सल्फाइड पर जब नीले रंग का प्रकाश डाला जाता है, तो वह हरे रंग का प्रकाश उत्सर्जन करता है। प्रकाश डालना बन्द करने पर स्फुरदीप्त पदार्थ जितने समय तक प्रकाश का उत्सर्जन करते हैं वह स्फुरदीप्ति काल कहलाता है। स्फुरदीप्ति काल भिन्न-भिन्न पदार्थों के लिए भिन्न-भिन्न होते हैं तथा यह पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करता है। गर्म करने पर स्फुरदीप्त पदार्थों की क्षमता नष्ट हो जाती है। आजकल घड़ी की सूईयों पर, साईन बोर्डों पर, बिजली बोर्डों आदि पर स्फुरदीप्त पदार्थों का लेप चढ़ाया जाता है। ये पदार्थ दिन में सूर्य का प्रकाश अवशोषित करके रात में चमकते हैं।

ऊष्मायनिक/तापायनिक उत्सर्जन (Thermionic emission) : सन् 1884 ई० में थॉमस एल्वा एडीसन (Thomas Alva Edision) ने इसके बारे में बताया। जब किसी धातु के तार अथवा फिलामेंट को निर्वात् (vacuum) में गर्म किया जाता है, तो उसमें से इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होने लगते हैं। ये इलेक्ट्रॉन ऊष्मायन/तापायन कहलाते हैं। किसी धातु के फिलामेंट को गर्म करने पर इलेक्ट्रॉन उत्सर्जन की इस क्रिया को ही ऊष्मायनिक/तापायनिक उत्सर्जन कहते हैं।

तापायनिक सिद्धान्त का प्रयोग कर तापायनिक वाल्व बनाये जाते हैं। डायोड (Diode), ट्रायोड (Triode) आदि वाल्व इसके उदाहरण हैं। एक्स किरण तथा कैथोड किरण नलिका में भी इलेक्ट्रॉन तापायनिक उत्सर्जन से ही प्राप्त किये जाते हैं।

डायोड वाल्व (Diode Valve) : यह वाल्व ऊष्मायनिक उत्सर्जन की क्रिया पर आधारित है। इसका निर्माण सन् 1904 ई० में इंगलैंड के वैज्ञानिक जॉन एम्ब्रोस फ्लेमिंग (John Ambrose Fleming) ने किया। इसमें केवल दो ही इलेक्ट्रोड फिलामेण्ट (तन्तु) और प्लेट होते हैं, जिससे इसे दो इलेक्ट्रोड वाला वाल्व यानी डायोड वाल्व कहते हैं। इसमें काँच का एक वाल्व होता है, जिसमें पूर्ण निर्वात् उत्पन्न करके एक तन्तु तथा प्लेट इस तरह लगाए जाते हैं कि वे वे एक-दूसरे को स्पर्श नहीं करते। तन्तु तथा प्लेट का संबंध डायोड वाल्व के आधार पर लगे पिनों से होता है। इस वाल्व का तन्तु धातु का बना एक तार होता है, जिसे गर्म करने पर इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होते हैं। तन्तु को कैथोड भी कहते हैं। डायोड वाल्व का प्लेट निकिल धातु से बने बेलन के रूप में होती है तथा कैथोड को ढँके रहती है। इसे धन-विभव देकर कैथोड से उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों को आकर्षित किया जाता है, अतः इसे एनोड भी कहते हैं।

जब कैथोड को गरम किया जाता है, तो उससे इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होते हैं और ये इलेक्ट्रॉन कैथोड के चारों ओर जमा हो जाते हैं, जिसे अन्तराकाशी आवेश (space charge) कहते हैं। जब प्लेट को धन विभव दिया जाता है, तो इलेक्ट्रॉन प्लेट की ओर आकर्षित होते हैं, जिससे प्लेट और तन्तु का परिपथ पूरा हो जाता है और धारा प्लेट से तन्तु की ओर बहने लगती है। इसे प्लेट धारा कहते हैं।

डायोड वाल्व का उपयोग दिष्टकारी (Rectifier) के रूप में किया जाता है। अर्थात् इसके द्वारा प्रत्यावर्ती धारा (a.c) को दिष्ट धारा (d.c) में बदल जाता है।

ट्रायोड वाल्व (Triode Valve) : सन् 1907 ई० में अमेरिका के वैज्ञानिक डा० ली डी फोरेस्ट (Dr. Lee De Forest) ने ट्रायोड वाल्व का निर्माण किया था। उन्होंने डायोड वाल्व के तन्तु एवं प्लेट के बीच एक तीसरा तत्व ग्रिड (Grid) लगाया, इस प्रकार इस वाल्व में तीन इलेक्ट्रोड (प्लेट, तन्तु एवं ग्रिड) होते हैं और इसीलिए इसे ट्रायोड वाल्व कहते हैं। ट्रायोड वाल्व को हम प्रवर्धक (Amplifier), दोलित्र (Oscillator), प्रेषी (Transmitter) एवं संसूचक (Detector) की तरह प्रयोग करते हैं।

अर्द्धचालक (Semiconductor) : ऐसे पदार्थ जिनमें इलेक्ट्रॉनिक संरचना इस प्रकार की होती है कि कहीं इलेक्ट्रॉन मुक्त हो जाता है और कहीं रिक्त/कोटर (Hole) बन जाता है, अर्द्धचालक कहलाते हैं। इनकी विद्युत् चालकता सामान्य ताप पर चालक (Conductors) व विद्युत्रोधी (Insulators) पदार्थों की चालकताओं के मध्य होती है। जर्मेनियम और सिलिकन ऐसे मुख्य पदार्थ हैं। इनका उपयोग इलेक्ट्रॉनिक्स व ट्रांजिस्टर उपकरणों में होता है।

वैसे अर्द्धचालकों जिसमें मुक्त इलेक्ट्रॉन तथा कोटर ऊष्मीय प्रभाव द्वारा उत्पन्न किए जाते हैं, उन्हें अंतः अर्द्धचालक (Intrinsic Semiconductor) कहा जाता है। अर्द्धचालकों में अपद्रव्य मिलाने से प्राप्त ठोस को बाह्य अर्द्धचालक (Extrinsic Semiconductor) कहते हैं। अपद्रव्य के रूप में आर्सेनिक अथवा एल्युमीनियम मिलाते हैं, जिससे अर्द्धचालक की चालकता काफी बढ़ जाती है। बाह्य अर्द्धचालक दो प्रकार के होते हैं—

(i) n–प्रकार के अर्द्धचालक (n–Type Semiconductor) : ऐसे बाह्य अर्द्धचालक जिनमें विद्युत् का प्रवाह मुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या बढ़ जाने के कारण होता है, n–प्रकार के अर्द्धचालक कहलाते हैं। जब शुद्ध अर्द्धचालक में पंचसंयोजी अपद्रव्य (जैसे—आर्सेनिक) मिला दिया जाता है, तो इस प्रकार के अर्द्धचालक प्राप्त होते हैं।

(ii) p–प्रकार के अर्द्धचालक (p–Type Semiconductor) : जिन अर्द्धचालकों में विद्युत् का प्रवाह कोटरों (Hole) की गति के कारण होता हैं, उन्हें p–प्रकार के अर्द्धचालक कहते हैं। शुद्ध अर्द्धचालक (जर्मेनियम) में त्रिसंयोजी अपद्रव्य (जैसे—एल्युमीनियम) मिलाने से ऐसे अर्द्धचालक प्राप्त होते हैं।

नोट : (i) पंचसंयोजी अपद्रव्य को परमाणु दाता (Donor) एवं त्रिसंयोजी अपद्रव्य को परमाणु ग्राही (Acceptor) कहा जाता है। अपद्रव्य मिलाए जाने की प्रक्रिया डोपिंग (Doping) कहलाती है।

(ii) ताप बढ़ाने पर अर्द्धचालक की चालकता बढ़ती है, परन्तु चालक की चालकता घटती है।

अतिचालकता (Superconductivity) : इसकी खोज सन् 1911 ई० में नीदरलैंड की भौतिकशास्त्री केमरलिंघ ओन्स (Kamerlingh Onnes) ने की थी। अत्यन्त निम्न ताप पर कुछ पदार्थों का विद्युत् प्रतिरोध शून्य हो जाता है, इन्हें ही अतिचालक (super conductor) कहते हैं और इस गुण को अतिचालकता कहते हैं। अतिचालक न केवल धारा का सबसे अच्छा बहाव का माध्यम है, वल्कि यह एक पूर्ण चुम्बकीय कवच भी है। अर्थात् एक अतिचालक पूर्णतः प्रति चुम्बकीय होता है, जिसे कोई भी चुम्बकीय रेखा भेद नहीं सकती है। अनुसंधान के दौरान यह भी देखा गया कि कुछ धातुएँ काफी ऊँचे तापक्रम पर अतिचालक हो जाती है। उदाहरण के लिए नियोबिस्टन 180 K ताप पर अतिचालकता प्राप्त कर लेती है। कुछ अतिचालक मृत्तिकाय (ceramics), थैलियम (Tl), बेरियम और कॉपर ऑक्साइड से युक्त होती हैं, जिनमें 120 K ताप पर अतिचालकता आ जाती है। कोई पदार्थ जिस ताप पर अतिचालक बनता है, उसे उसका क्रांतिक ताप कहते हैं। वर्तमान में आधुनिक अनुसंधानों से अतिचालक के लिए क्रांतिक ताप को लगभग

240 K तक पहुँचा दिया गया है। अतिचालकता के महत्त्व को देखते हुए भारत सरकार ने फरवरी 1991 ई० में राष्ट्रीय अतिचालकता विज्ञान तकनीकी बोर्ड की स्थापना की, जो अतिचालकता से संबंधित खोज-कार्य का प्रबन्धन करती है।

सन्धि डायोड (Junction Diode) : जब p-प्रकार के अर्द्धचालक को किसी विशेष विधि द्वारा n-प्रकार के चालक से जोड़ दिया जाता है, तो यह निकाय संधि डायोड कहलाता है।

ट्रांजिस्टर (Transister) : n-p-n अथवा p-n-p अर्द्धचालकों के श्रेणीक्रम संधि से अर्द्ध-चालकों की दूसरी युक्ति प्राप्त होती है, जिसमें ऊष्मायनिक ट्रायोड के गुण होते हैं। यह युक्ति ट्रांजिस्टर कहलाती है। जब एक n-टाइप अर्द्धचालक की पतली परत को दो p-टाइप अर्द्धचालकों के मध्य दबा कर रखा जाता है, तो इससे p-n-p प्रकार का ट्रांजिस्टर बन जाता है। जिसमें प्रथम p-टाइप क्रिस्टल को उत्सर्जक (Emitter), दूसरे n-टाइप क्रिस्टल को आधार (Base) तथा तीसरे p-टाइप क्रिस्टल को संग्राहक (Collector) कहते हैं। इस प्रकार ट्रांजिस्टर में धारा का प्रवाह कोटर (Hole) के द्वारा होता है। इसी प्रकार n-p-n ट्रांजिस्टर बनाया जाता है। इसमें से प्रथम क्रिस्टल (n-टाइप) को उत्सर्जक (Emitter), द्वितीय क्रिस्टल (p-टाइप) को आधार (Base) और तृतीय क्रिस्टल (n-टाइप) को संग्राहक (Collector) कहते हैं। ट्रांजिस्टर का उपयोग प्रवर्द्धक (Amplifier), दोलित्र (Oscillator) एवं माडुलक (Modulator) आदि के रूप में होता है। ऊष्मायनिक ट्रायोड की तुलना में इसका आकार काफी छोटा होता है और इनके परिचालन के किसी ऊष्मा की आवश्यकता नहीं होती। इसीलिए ट्रांजिस्टर युक्त उपकरण छोटे, हल्के और परिचालन में मितव्ययी होते हैं।।

नोट : ट्रांजिस्टर का आविष्कार अमेरिका के वैज्ञानिक जॉन बरडीन, विलियम शाकले एवं वाल्टर बर्टेन ने 1948 ई० में किया था।

कुछ आधुनिक इलेक्ट्रॉनिक युक्तियाँ (Some Modern Electronic Devices)

1. टेलीविजन (Television) : टेलीविजन का अर्थ है—दूर की वस्तुओं को देखना। इसकी सहायता से किन्हीं चित्रों, विभिन्न दृश्यों, चलती-फिरती वस्तुओं आदि को विद्युत्-चुम्बकीय तरंगों के रूप में दूरस्थ स्थानों तक भेजा जाता है। इसका आविष्कार 1923 ई० में जॉन एल० बेयर्ड (John L. Baird) ने किया। टेलीविजन द्वारा ध्वनि तथा दृश्य दोनों को एक साथ रेडियो तरंगों द्वारा एक स्थान से दूसरे स्थान को संप्रेषित किया जाता है। टेलीविजन के दो भाग होते हैं—

(i) आइकनोस्कोप (Iconoscope) : यह चित्र द्वारा प्रकीर्णित (scatered) प्रकाश तरंगों को विद्युत् तरंगों में परिवर्तित करता है, जिन्हें प्रवर्धित व मॉडुलित (amplified and modulated) करके दूरस्थ स्थानों को प्रेषित कर दिया जाता है।

(ii) काइनोस्कोप (Kineoscope) : यह एक प्रकार का कैथोड किरण ऑसिलोग्राफ (CRO) है। इसकी कैथोड किरण गति को आइकोनोस्कोप से आने वाली विद्युत् तरंगों से तुल्यकालित कर पर्दे पर चित्र व दृश्य के अनुसार प्रतिदीप्ति उत्पन्न करती है। दृष्टि निर्बंध (Persistence of vision) के कारण एक सतत् चित्र पर्दे पर दिखाई पड़ता है।

2. राडार (Radar) : रेडियो संसूचन एवं सर्वेक्षण (Radio Detection and Ranging) को संक्षिप्त रूप में राडार कहते हैं। इसके द्वारा रेडियो तरंगों की सहायता से आकाशगामी वायुयान की स्थिति व दूरी का पता लगाया जाता है। राडार से प्रेषित एवं वायुयान से परावर्तित तरंगों के मध्य समयान्तर ज्ञात करके वायुयान की दूरी ज्ञात की जा सकती है। राडार का उपयोग वायुयानों के संसूचन, निर्देशन एवं संरक्षण में, बादलों की स्थिति व दूरी ज्ञात करने में, धातु व तेल भंडारों का पता लगाने में एवं वायुमडंल की उच्चतम परत, आयनमंडल की ऊँचाई आदि ज्ञात करने में किया जाता है। राडार के आविष्कार का श्रेय राबर्ट वाट्सन को है जबकि राडार का प्रथम आदिप्ररूप (Prototype) बनाने का श्रेय दो अमेरिकी वैज्ञानिकों टेलर और यंग को जाता है।

3. लेसर (Laser) : लाइट ऐम्प्लिफिकेशन बाई स्टीमुलेटेड एमिशन ऑफ रेडिएशन (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) का संक्षिप्त रूप ही लेसर (Laser) कहलाता है, जिसका अर्थ है विकिरण के प्रेरित उत्सर्जन से प्रकाश परिवर्धन अर्थात् प्रकाश तरंगों पर आधारित लेसर एक ऐसी युक्ति है, जिसमें विकिरण के प्रेरित उत्सर्जन द्वारा एकवर्णी प्रकाश (monochromatic) प्राप्त किया जाता है। (LASER is a process by which we get a light beam which is coherent highly monochromatic and almost perfectly parallel) लेसर तरंगों की आवृत्ति समान होती है तथा इसके विभिन्न तरंगों की कला (phase) भी स्थिर होती है। इसके मूलभूत सिद्धान्त की चर्चा सर्वप्रथम सन् 1917 ई० में आइंस्टीन द्वारा की गई थी, परन्तु वास्तव में लेसर की खोज सन् 1960 ई० में अमेरिका की हेजेज अनुसंधान प्रयोगशाला में थियोडोर एच. मेमैन (Theodore H. Maiman) द्वारा की गई। मूल रूप में लेसर में माणिक्य क्रिस्टल (Ruby crystal) का उपयोग होता था, लेकिन वर्तमान समय में विभिन्न प्रकार के लेसर विभिन्न प्रकार के धात्विक पदार्थों से निर्मित होने लगे हैं।

लेसर के गुण (Porperties of Laser) : लेसर तरंगें एकवर्णी (monochromatic) होती हैं, यानी विभिन्न तरंगों की आवृत्ति समान होती है। लेसर विकिरण को बहुत सूक्ष्म क्षेत्रों में फोकस किया जा सकता है। लेसर विकिरण की प्रति इकाई क्षेत्रफल तीव्रता बहुत अधिक होती है। लेसर का फोकस जब उच्च होता है, तब लेसर की तीव्रता अपेक्षाकृत अधिक होती है। लेसर का प्रकाश उच्च निर्देशात्मक होता है और यह बहुत अधिक दूरी तक बिना अपसृत हुए संचरित हो सकता है। लेसर द्वारा छोटे प्रकाश स्पंदों का निर्माण करते हैं तथा इन स्पंदों की चौड़ाई को प्रारूप अवरोधन से कम किया जा सकता है। लेसर के द्वारा फेम्टो सेकण्ड (10^{-15} से०) के स्तर तक कार्य किया जाता है, जबकि उच्च स्तर के कम्प्यूटरों की कार्य प्रणाली नैनो सेकण्ड तक ही सीमित है।

लेसर किरणों के उपयोग

(1) सूचना तकनीक में : लेसर का उपयोग सी० डी० (Compact Disc), डी० वी० डी० (Digital Versatile Disc) एवं सी० डी० रोम्स एकक डिस्कों पर आँकड़ों के संग्रहण या भंडारण में किया जाता है। लेसर का उपयोग स्कैनर उपकरण में भी किया जाता है। प्रकाश तंतु और अर्द्धचालक लेसर के सहसंयोजन से ऑप्टिकल सूचना प्रसंस्करण का उपयोग फिंगर प्रिंट पहचान, उपग्रहों तथा उच्च उड़ान भरते एयरक्राफ्टों से खींची गई तस्वीरों के प्रसंस्करण आदि के क्षेत्र में किया जाता है।

(2) दूरी एवं समय मापने में : लेसर के सहयोग से लम्बाई तथा समय के मात्रकों का अत्यन्त शुद्ध एवं स्थायी मान का निर्धारण किया जा सकता है। इसके द्वारा बहुत लम्बी दूरियों के साथ-साथ अत्यन्त छोटी दूरियों यथा अंतरापरमाण्विक दूरियों का शुद्ध निर्धारण भी किया जा सकता है। इस प्रकार लेसर की सहायता से परमाणुओं की आन्तरिक संरचनाओं का अध्ययन विश्वसनीय ढंग से किया जा सकता है।

(3) त्रिविमीय चित्र खींचने में : लेसर प्रकाश के उपयोग से एक विशेष प्रकार के त्रिविमीय चित्र खींचे जा सकते हैं, जिससे होलोग्राफी (Holography) तकनीक संभव हो सकी है। वर्ष 1962 में वाई० एन० डेनीसुक (Y.N. Denisyuk) ने होलोग्राफी का प्रथम उपयोग किया।

(4) उड़ान पथ के निर्धारण में : हवाई यात्रा को सुरक्षित बनाने के लिए वायुयान के उड़ान पथ का शुद्धतम निर्धारण लेसर के प्रयोग से किया जाता है। अंतरिक्ष में रॉकेट तथा उपग्रह के मार्गदर्शन के लिए भी इसका उपयोग किया जाता है।

(5) औद्योगिक क्षेत्र में : औद्योगिक क्षेत्र में लेसर का उपयोग मुख्य रूप से सर्वेक्षण, डेटा, नेटवर्क उपलब्ध कराने, पदार्थों का प्रसंस्करण, गैर-विनाशकारी परीक्षण आदि में किया जाता है। अत्यंत कठोर वस्तुओं को काटने, कपड़ा काटने, पुल, भवन, सुरंग, पाइप, खनन आदि के सर्वेक्षण एवं निर्माण कार्यों, बिना किसी हानि के वेल्डिंग करने, हीरे को तराशने, रत्न प्रसंस्करण, सिरेमिक, प्लास्टिक कार्ड बोर्ड इत्यादि से संबंधित उद्योगों में लेसर का उपयोग सफलतापूर्वक किया जा रहा है।

(6) प्रतिरक्षा क्षेत्र में : लेसर का प्रयोग प्रक्षेपास्त्रों तथा सामान्य अस्त्रों में लक्ष्य की दूरी का शुद्धतम अनुमान लगाने तथा उनको निर्देशित करने के लिए किया जाता है। स्टार वार्स प्रोग्राम के अन्तर्गत लेसर की विध्वंसक क्षमता का प्रयोग प्रक्षेपास्त्रों को आकाश में ही नष्ट करने में किया जाना है।

(7) रसायन विज्ञान में : लेसर का उपयोग उपचार-उपकरण तथा रासायनिक अभिक्रियाओं में अभिप्रेरण या उत्प्रेरण के माध्यम के रूप में किया जाता है।

(8) स्वास्थ्य एवं चिकित्सा क्षेत्र में : आधुनिक युग में भयावह बीमारियों के निदान में लेसर ने महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाई है। लेसर के उपयोग से कैंसर के उपचार, हृदय की धमनियों में रक्त के जमने से उत्पन्न अवरोधों को दूर करने, नेत्रों के विभिन्न प्रकार के ऑपरेशनों आदि में किया जाता है। नेत्र चिकित्सा के अंतर्गत एक्साइमर लैसिक लेसर जैसी आधुनिक तकनीक द्वारा स्थायी रूप से चश्मे से छुटकारा दिलाया जा रहा है। आर्गन अथवा क्रिप्टॉन आयन लेसर का उपयोग रेटिना उपचार सहित आँखों के अन्य रोगों के इलाज में किया जा रहा है। नेत्र में लेंस के आकार को ठीक करने के लिए लेसर रेडियल केरेटोटोमी तकनीक का प्रयोग किया जा रहा है। आप्टिक फाइबर इंडोस्कोप में लेसर के उपयोग से रोगी के शरीर को खोले विना ही रक्त स्रावित अल्सर जैसी बीमारियों का पूर्ण सफल इलाज संभव हुआ है। लेसर द्वारा पित्ताशय (gall blader) तथा गुर्दा (kidney)की पथरी का उपचार पूर्ण कारगर ढंग से किया जा रहा है। लेसर का प्रयोग हृदय के बाइपास सर्जरी में भी किया जाता है।

भारत में लेसर प्रोद्योगिकी : भारत में लेसर प्रौद्योगिकी के उपयोग की शुरूआत सन् 1960 ई० के दशक में हुई। भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र द्वारा सन् 1964 ई० में गैलियम-आर्सेनिक अर्द्धचालक लेसर का निर्माण किया गया। रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन (DRDO) द्वारा टैंक तथा तोप गनों के लिए लेसर रेंजर्स फाइंडर्स, लेसर मैटेरियल, अर्द्धचालक लेसर, लेसर उत्पादन क्रिस्टल आदि का विकास किया गया है।

4. मेसर (Masers) **:** मेसर Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiotion का संक्षिप्त रूप हैं, जिसका हिन्दी रूपान्तरण है—विकिरण के उद्दीपित उत्सर्जन द्वारा माइक्रो तरंगों का प्रवर्धन। मेसर के आविष्कार का श्रेय तीन अमेरिकी वैज्ञानिकों गोरडन, गीगर एवं टाउन्स को जाता है (1955 ई.)। मेसर भी उसी सिद्धान्त पर कार्य करता है जिस आधार पर लेसर कार्य करता है। लेसर में प्रकाश किरणें उत्पन्न होती हैं जबकि मेसर में सूक्ष्म तरंगें उत्पन्न होती हैं।

मेसर तरंगों का उपयोग राडार में करके कृत्रिम उपग्रहों आदि का ठीक-ठीक पता लगाया जाता है तथा कई ग्रहों के सम्बन्ध में आवश्यक जानकारी प्राप्त की जाती है। मेसर तरंगों का उपयोग समुद्र के अन्दर सन्देश भेजने में भी किया जाता है। लेसर की तरह मेसर तरंगों के द्वारा कई रोगों का इलाज किया जाता है।

IX. खगोलिकी

1. खगोलिकी का विकास

खगोलिकी या खगोल विज्ञान (Astronomy) **:** आकाशीय पिण्डों, उनकी बनावट, परिमाण और गति का अध्ययन करनेवाला विज्ञान खगोलिकी या खगोल विज्ञान कहलाता है।

खगोलिकी की शाखाएँ (Branches of Astronomy) **:** खगोल-भौतिकी (Astro-Physics = Astronomy + Physics), खगोल-गतिकी (Astro-Dynamics), खगोल-जैविकी (Astro-Biology) आदि।

विश्व या ब्रह्मांड (Universe or Cosmos) **:** पृथ्वी, अंतरिक्ष तथा उसमें उपस्थित सभी खगोलीय पिण्डों (आकाशगंगा या मंदाकिनी, तारें आदि) को समग्र रूप से विश्व या ब्रह्मांड कहते हैं। ब्रह्मांड से संबंधित अध्ययन को ब्रह्मांड विज्ञान (Cosmology) कहते हैं।

विश्व की रचना आकाशगंगाओं या मंदाकिनियों (Galaxies) से हुई है। अनुमानतः विश्व में खरबों की संख्या में आकाशगंगाएँ हैं तथा प्रत्येक आकाशगंगा में खरबों तारें (Stars) हैं। बहुत से तारों का अपना-अपना परिवार हो सकता है, जैसे सौर परिवार में पृथ्वी सहित 8 ग्रह हैं।

प्रसिद्ध खगोलवेत्ता और उनका योगदान (Famous Astronomists & Their Contributions) : खगोलिकी के विकास में जिन खगोलवेत्ताओं ने योगदान दिया है, उनका संक्षिप्त विवरण इस प्रकार है (कालक्रम के अनुसार)—

1. टॉलेमी का भूकेंद्री सिद्धांत (Ptolemy's Geocentric Theory) : सर्वप्रथम वर्ष 140 ई० में यूनानी खगोलविद् टॉलेमी (2 री सदी ई०) द्वारा विश्व का अध्ययन किया गया। टॉलेमी ने भूकेंद्री सिद्धांत [Geos (→ Earth) + Centric = Geocentric] का प्रतिपादन किया। इस सिद्धांत के अनुसार, पृथ्वी विश्व के केन्द्र में स्थित है तथा सूर्य और अन्य ग्रह इसकी परिक्रमा करते हैं।

2. कोपरनिकस का सूर्यकेंद्री सिद्धांत (Copernicus's Heliocentric Theory) : वर्ष 1543 ई० में पोलैण्ड के खगोलविद् कोपरनिकस (1473-1543) ने सूर्यकेन्द्री सिद्धांत [Helios (→Sun) + Centric = Heliocentric] का प्रतिपादन किया। इस सिद्धांत के अनुसार, विश्व के केन्द्र में सूर्य है न कि पृथ्वी तथा पृथ्वी सहित सभी अन्य ग्रह सूर्य की परिक्रमा करते हैं। कोपरनिकस को 'आधुनिक खगोलिकी का जनक' (The Father of Modern Astronomy) कहा जाता है।

3. केप्लर का ग्रहीय गति के नियम (Kepler's laws of Planetary Motion) : जोहानस केप्लर (1571-1630) ने सर्वप्रथम स्पष्ट किया कि सूर्य के चारों ओर चक्कर लगानेवाले ग्रहों का पथ दीर्घवृतीय या अण्डाकार (elliptical) है।

4. गैलीलियो (Galileo, 1564-1642) : इतालवी खगोलवेत्ता गैलीलियो ने अपने समकालीन केप्लर के विचारों का समर्थन किया। वर्ष 1609 ई० में गैलीलियो ने अपवर्तक दूरबीन (Refractor Telescope) का आविष्कार किया। गैलीलियो ने बृहस्पति ग्रह के चार उपग्रहों तथा सूर्य कलंक या सूर्य धब्बे (Sun Spots) का पता लगाया। गैलीलियो ने ही बताया कि सूर्य का निकटवर्ती तारा प्रॉक्सिमा सेंटॉरी (Proxima Centauri) है।

5. न्यूटन (Newton, 1642-1727) : ब्रिटिश भौतिकीवेत्ता आइजक न्यूटन ने वर्ष 1668 ई० में परावर्तक दूरबीन (Reflector Telescope) का आविष्कार किया।

6. हर्शेल (Herschel) : वर्ष 1805 ई० में ब्रिटेन के खगोलवेत्ता हर्शेल ने दूरबीनों की सहायता से अंतरिक्ष का अध्ययन किया तथा बताया कि विश्व केवल सौर मंडल तक सीमित नहीं है बल्कि यह सौर मंडल स्वयं आकाशगंगा नामक तारा निकाय का अंश मात्र है। इस अध्ययन के पश्चात् मानव ने ब्रह्मांड की असीमित व्यापकता को देखा।

7. हब्बल का आकाशगंगाओं के प्रतिसरण का नियम (Hubble's law of Recession of Galaxies) : अमेरिकी खगोलवेत्ता एडविन पी० हब्बल (Edwin P. Hubble, 1889-1953) ने वर्ष 1925 ई० में बताया कि विश्व में हमारी आकाशगंगा—दुग्ध-मेखला (Milkyway)—की तरह लाखों अन्य आकाशगंगाएँ हैं। इसके बाद वर्ष 1929 में हब्बल ने अपने प्रेक्षणों के आधार पर यह साबित किया कि आकाशगंगाएँ अंतरिक्ष में स्थिर नहीं हैं, बल्कि वे एक-दूसरे से दूर होती जा रही हैं। जैसे-जैसे उनकी दूरी बढ़ती जाती है उनके भागने की गति भी तीव्र होती जाती है। इसे आकाशगंगाओं के प्रतिसरण का नियम (The law of Recession of Galaxies) कहते हैं।

नोट : *हब्बल के मत से खगोलवेत्ता आइजक एसीमोव सहमत नहीं हैं। उनका कहना है कि हब्बल के निरुपण के अनुसार यदि दूरी के साथ प्रतिसरण की गति बढ़ती जाएगी तो 125 करोड़ प्रकाश वर्ष की दूरी पर आकाशगंगाएँ इस तेजी से प्रतिसरण करेंगी कि उन्हें देख पाना हमारे लिए संभव नहीं होगा।*

8. डाप्लर विस्थापन (Doppler Shifts) : आकाशगंगाएँ दूर भाग रही है और विश्व का लगातार विस्तार हो रहा है। यह डाप्लर प्रभाव (Doppler Effect) द्वारा ज्ञात किया गया है। आकाशगंगाओं से आनेवाले प्रकाश के स्पेक्ट्रम में **रक्त विस्थापन** (Red shift) की घटना (अर्थात् प्रकाश की तरंगदैर्ध्य लाल् रंग के प्रकाश की ओर विस्थापित हो जाती है) प्रत्यक्ष देखी गई है। स्पेक्ट्रम में रक्त विस्थापन बतलाता है कि प्रेक्षित आकाशगंगा (observed galaxy) पृथ्वी से दूर भाग रही है। यदि स्पेक्ट्रम में **बैंगनी विस्थापन** (Violet shift) हो तो प्रेक्षित आकाशगंगा पृथ्वी के पास आ रही है। ये विस्थापन **डाप्लर विस्थापन** कहलाते हैं।

9. जार्ज लेमेतृरे का विश्व उत्पति का 'महा विस्फोट सिद्धांत' (Georges Lemiatre's 'Big Bang Theory' of Origin of Universe) : 1927 ई० में बेल्जियम के खगोलवेत्ता **एबे जार्ज लेमेतृरे** (Abbe Georges Lemaitre) ने विश्व उत्पति का **महा विस्फोट सिद्धांत** [Big (→Great) Bang (→explosion) Theory] प्रतिपादित किया। इस सिद्धांत के अनुसार करोड़ों वर्ष पूर्व अंतरिक्ष में एक अत्यंत भयंकर विस्फोट हुआ जिसमें से प्रारंभिक पदार्थ [मुख्यतः फोटॉन (Photon) तथा लेप्टोक्वार्क ग्लुऑन (Leptoquark Gluon)] इधर-उधर छिटक गया और उसी से आकाशगंगाएँ बनी जो अभी तक भाग रही हैं। विश्व की उत्पति का यह सिद्धांत सबसे अधिक मान्य है।

10. एलन संडेज का स्पंदमान या दोलायमान विश्व सिद्धांत (Pulsating or Oscillating Universe Theory) : विश्व के विकास का यह नवीनतम सिद्धांत है। इस सिद्धांत के अनुसार, यह विश्व करोड़ों वर्षों के अंतराल में क्रमशः फैलता और सिकुड़ता रहा है। डॉ० एलन संडेज का कथन है कि आज से लगभग 120 करोड़ वर्ष पूर्व एक भयंकर विस्फोट हुआ था और तब से विश्व विस्तृत होता जा रहा है। यह प्रसार 290 करोड़ वर्ष तक चलता रहेगा। जिसके बाद गुरुत्वाकर्षण इनके अधिक विस्तार पर रोक लगा देगा। उसके पश्चात् इसका सिकुड़न प्रारंभ हो जाएगा अर्थात् यह अपने अंदर ही सिमट जाएगा। इस प्रक्रिया को **अंतःविस्फोट** कहते हैं। यह प्रक्रिया करीब 410 करोड़ वर्ष तक चलती रहेगी। जब यह अत्यधिक संपीडित या घनीभूत हो जाएगा तब एक बार फिर विस्फोट होगा।

2. खगोलीय या आकाशीय पिण्ड

खगोलीय या आकाशीय पिण्ड (Celestial Bodies) : आकाश में दिखायी देनेवाले पिण्डों जैसे आकाशगंगा, तारा, ग्रह, उपग्रह, धूमकेतु आदि को **खगोलीय पिण्ड** कहते हैं।

1. आकाशगंगा या मंदाकिनी (Galaxy) : आकाशगंगा या मंदाकिनी तारों के ऐसे विशाल समूह हैं जो गुरुत्वाकर्षण के कारण एक-दूसरे से बंधे हुए हैं। इनकी विशालता के कारण इन्हें **प्रायद्वीपीय ब्रह्मांड** कहा जाता है।

आकाशगंगा असंख्य तारों का विशाल पुंज है जिनमें अधिकांश तारें आँखों द्वारा दिखाई नहीं पड़ते हैं। रात्रि को स्वच्छ आकाश में एक चमकदार मेहराब (arch) के रूप में दिखायी पड़ती है। प्रत्येक आकाशगंगा में तारों के अतिरिक्त गैसें तथा धूल भी होती हैं। आकाशगंगा का 98% भाग तारों से तथा शेष 2% गैसों या धूल से बना है।

संरचना के आधार पर आकाशगंगा तीन प्रकार के होते हैं—सर्पिल (Spiral), दीर्घवृतीय (Elliptical) तथा अनियमित (Irregular)। अब तक की ज्ञात आकाशगंगाओं में 80% सर्पिल, 17% दीर्घवृतीय तथा 3% अनियमित संरचनावाले हैं। हमारी आकाशगंगा — दुग्धमेखला (Milkyway)—एक सर्पिल संरचनावाली आकाशगंगा है। **एण्ड्रोमेडा** (Andromeda) भी एक सर्पिल संरचनावाली आकाशगंगा है। हमारी आकाशगंगा दुग्धमेखला के बाद सबसे निकटतम आकाशगंगा एण्ड्रोमेडा है।

हमारी आकाशगंगा : दुग्धमेखला (Milkyway) : हमारा सौर मंडल जिस आकाशगंगा का सदस्य है उसका नाम दुग्धमेखला (Milkyway) है। यह दुग्धमेखला चौबीस आकाशगंगाओं के एक समूह का सदस्य है जो **स्थानीय समूह** (Local group) कहलाता है।

इस आकाशगंगा की विशिष्टता यह है कि इससे होकर एक संपूर्ण वृत में प्रकाश की धारा प्रवहमान दिखाई देती है। पृथ्वी से देखने पर यह धारा आकाश में बहती प्रकाश की एक नदी की तरह दिखायी देती है। परन्तु ऐसा नहीं है, यह करोड़ों टिमटिमाते तारों से मिलकर बनी है। हमारी आकाशगंगा—दुग्धमेखला—एक सर्पिल संरचनावाली आकाशगंगा है।

2. तारामंडल (Constellation) **:** आकाश में वैसे तो अनेक धुंधले तारे दिखायी देते हैं, परन्तु उनमें कुछ चमकीले तारों के समूह भी होते हैं जिनकी कुछ विशेष आकृतियाँ होती हैं। इन्हें ही तारामंडल कहते हैं। इनके नाम उन आकृतियों के नाम पर रखे गये हैं जिनके समान इन तारा समूहों की रचना होती है। प्रमुख तारामंडल हैं—सप्तर्षि या सप्तऋषि (Ursa Major—Great Bear), ध्रुव मत्स्य (Ursa Minor—Little Bear), ओरिऑन (Orion-Great Hunter), ड्रैको (Draco-Dragon), सिग्नस (Cygnus-Swan), हरकुलीज (Hercules), हाइड्रा (Hydra), सेन्टॉरस (Centaurus) आदि। अभी तक 89 तारामंडलों की पहचान की गई है। इनमें सबसे बड़ा तारामंडल सेन्टॉरस (Centaurus) है जिनमें 94 तारे हैं। हाइड्रा (Hydra) में कम-से-कम 68 तारे हैं।

3. तारे या नक्षत्र (Stars) **:** तारे वे विशाल आकाशीय पिण्ड हैं जिनके पास अपना प्रकाश (या चमक) होता है, जैसे सूर्य एक तारा है। भार के अनुपात में तारों में 70% हाइड्रोजन, 28% हीलियम, 1·5 कार्बन, नाइट्रोजन व निऑन तथा 0·5 लौह व् अन्य भारी तत्व होते हैं।

तारे गुच्छों का निर्माण करते हैं। खगोल में ऐसे तारे अपवाद हैं जो अलग-थलग अकेले पड़े हों। ऐसे तारों की संख्या तारों की कुल संख्या के 25% से अधिक नहीं है। युग्म तारों (Binary Stars) की संख्या लगभग 33% है, जैसे ज्येष्ठा में दो तारे हैं। शेष 42% बहुसंख्यक तारे हैं, जैसे अल्फा सेन्टॉरी में 3 तारें एवं मिथुन (Caster) में 6 तारे हैं।

विश्व में भिन्न-भिन्न आयु के अरबों तारे हैं। इनमें से कुछ वयस्क हैं, कुछ हमारे सूर्य की भाँति मध्यम आयु के हैं तथा कुछ अपनी मृत्यु के बहुत निकट हैं। तारे पैदा होते हैं, ऊर्जा उत्सर्जित करते हैं व विकास करते हैं एवं अंत में स्वतः मर जाते हैं।

तारे का जन्म तथा विकास (Birth & Evolution of Star) **:** किसी तारे का जीवनचक्र आकाशगंगा में हाइड्रोजन तथा हीलियम गैसों के संघनन से प्रारंभ होता है, जो अंततः छोटे-छोटे घने बादलों (oort clouds) के रूप धारण कर लेते हैं। ये बादल स्वयं के गुरुत्वाकर्षण के कारण सिकुड़ता चला जाता है और एक प्रक्रिया शुरु हो जाती है जो गैसों के इस विशाल बादल को तारों में परिवर्तित कर देती है। यह सिकुड़ता हुआ घना गैस पिण्ड आदि तारा या आद्य तारा (Proto Star) कहलाता है।

आदि तारे के सिकुड़ने पर गैसों के बादल में परमाणुओं की परस्पर टक्करों की संख्या बढ़ जाती है, जिससे उसका ताप बढ़ जाता है। सिकुड़ने की प्रक्रिया लगभग एक अरब वर्ष तक चलती रहती है। इस दौरान आंतरिक ताप अत्यधिक बढ़ जाता है। इस अत्यधिक उच्च ताप पर हाइड्रोजन के नाभिक नाभिकीय संलयन (nuclear fusion) अभिक्रिया द्वारा संलयित होकर हीलियम के नाभिक बनाने लगते हैं। इससे अंदर का ताप तथा दाब और अधिक बढ़ जाता है।

तारे के जीवन का अंतिम चरण (Final Stage of Star's Life) **:** जब तारे में हाइड्रोजन कम हो जाती है तो इसका बाहरी सतह फूलने लगता है और वह लाल हो जाता है। यह तारे के अंतिम समय की पहली निशानी है। ऐसे तारे को लाल दानव (Red Giant) कहते हैं। हमारा सूर्य आगामी 5 अरब वर्षों में ऐसा ही लाल दानव बन जाएगा ऐसी संभावना है।

लाल दानव चरण के बाद तारे में दो स्थितियों में से कोई एक स्थिति आती है या तो वह श्वेत वामन तारे (White Dwarf Stars) में बदलता है या फिर न्यूट्रॉन तारे (Neutron Stars) में। यदि तारे का प्रारंभिक द्रव्यमान सूर्य के द्रव्यमान के बराबर हो तो वह श्वेत वामन तारा बनता है तथा यदि तारे का प्रारंभिक द्रव्यमान सूर्य के द्रव्यमान से बहुत अधिक हो तो उसका अंत अत्यंत विस्फोटक होता है व न्यूट्रान तारा बनता है। स्पष्ट है कि लाल दानव तारा का भविष्य उसके द्रव्यमान पर निर्भर करता है।

(i) जब तारे का द्रव्यमान सूर्य के द्रव्यमान के बराबर हो : इस स्थिति में तारे का बाह्य कवच (shell) प्रसारित होकर अन्ततः लुप्त हो जाता है और केवल तारे का क्रोड (core—तारे का केन्द्रीय भाग) बचा रहता है जो निरंतर सिकुड़ता चला जाता है। सिकुड़न के कारण तारे का आंतरिक ताप बढ़ जाता है जिसके फलस्वरूप हीलियम के नाभिक संलयित होने लगते हैं। हीलियम में संलयन के परिणामस्वरूप विमोचित ऊर्जा के कारण यह क्रोड़ किसी **श्वेत वामन तारे** (White Dwarf Stars) के समान चमकने लगता है। यह तब तक चमकता रहता है जब तक कि इसके समस्त हीलियम का उपयोग न हो जाय। हीलियम के चुक जाने के बाद यह **कृष्ण वामन तारा** (Black Dwarf Star) बन जाता है व अत्यधिक घनत्व के पदार्थ के रूप में गहन अंतरिक्ष में लुप्त हो जाता है। लगभग 90% तारों का अंत इसी तरह से होता है।

(ii) जब तारे का द्रव्यमान सूर्य के द्रव्यमान से बहुत अधिक हो : इस स्थिति में तारे का बाह्य कवच (shell) सिकुड़ने के दौरान विमोचित ऊर्जा के कारण विस्फोट के साथ ध्वंस हो जाता है। इसके कारण आकाश बहुत दिनों तक जगमगा उठता है। ऐसे विस्फोटक तारे को **नवतारा** (Nova) या **अधिनव तारा** (Supernova) कहते हैं।

अधिनव तारा विस्फोट में गैसों के बादल अंतरिक्ष में विमोचित हो जाते हैं। ये गैसें नये तारों के निर्माण हेतु कच्चे पदार्थ (raw materials) प्रदान करते हैं। अधिनव तारा विस्फोट के पश्चात् केवल क्रोड (core—तारे का केन्द्रीय भाग) बचा रहता है जो निरंतर सिकुड़ता चला जाता है। विशाल गुरुत्वाकर्षण बल क्रोड को संपीडित कर उसके पदार्थ का घनत्व असीमित मात्रा में बढ़ा देता है। अत्यधिक संघनित पदार्थ का यह पिंड **न्यूट्रॉन तारा** (Neutron Star) कहलाता है क्योंकि ये न्यूट्रॉनों से बने होते हैं। न्यूट्रॉन तारे का भविष्य भी उसके द्रव्यमान पर निर्भर करता है। भारी न्यूट्रॉन तारे में अत्यधिक मात्रा में द्रव्यमान अंततः एक ही बिन्दु पर संकुचित (pack) हो जाता है। ऐसे अत्यधिक घनत्व के पदार्थ युक्त पिण्ड को **कृष्ण छिद्र** (Black Hole) कहते हैं। कृष्ण छिद्र के एक चम्मच पदार्थ का भार कई टनों के बराबर होता है। कृष्ण छिद्र का गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र (gravitational field) इतना प्रबल होता है कि इससे किसी भी पदार्थ का यहाँ तक कि प्रकाश का भी पलायन नहीं हो सकता। इसीलिए कृष्ण छिद्र दिखायी नहीं देते हैं। यह अंतरिक्ष में गहरी अनंत खाई के समान है। कृष्ण छिद्र न तो कोई विकिरण उत्सर्जित करता है और न ही किसी विकिरण को परावर्तित करता है बल्कि यह सभी विकिरणों को अवशोषित कर लेता है। अतः उसको पहचानना या संसूचित करना (detection) बहुत कठिन है।

तारों का वर्गीकरण (Classification of Stars): तारों का वर्गीकरण उनके भौतिक लक्षणों के आधार पर किया जाता है जैसे उनकी चमक (brightness), वर्णक्रम (spectrum), ताप (heat) तथा आकार (size)।

(i) चमक के आधार पर : इस आधार पर तारों को 3 मुख्य वर्गों में विभाजित किया जाता है— (a) तीव्र चमकीले तारे (b) मध्यम चमकीले तारे (उदाहरण—सूर्य) (c) कम चमकीले तारे

तारों का जीवनकाल उनके द्रव्यमान (mass) तथा चमक (brightness) पर निर्भर करता है। जो तारा जितना अधिक चमकीला होता है उसका जीवनकाल उतना ही कम होता है।

(ii) वर्णक्रम के आधार पर : इस आधार पर तारों को 7 वर्गों में विभाजित किया जाता है। O, B, A, F, G, K तथा M। ये घटते हुए तापमान के क्रम में होते हैं। सूर्य एक G प्रकार का तारा है जिसके तीव्रतम प्रकाश की तरंगदैर्घ्य 550 नैनोमीटर है।

कुछ प्रसिद्ध तारे (Some Famous Stars): ध्रुव तारा (Pole Star), बर्नार्ड तारा (Bernard's Star) आदि।

ध्रुव तारा (Pole Star): जो तारा हमेशा उत्तर दिशा में चमकता रहता है तथा उत्तरी ध्रुव (North Pole) के ठीक ऊपर स्थित होने के कारण एक ही दिशा में हमेशा दिखाई पड़ता है, उसे **ध्रुव तारा** कहते हैं। यह **ध्रुव मत्स्य** (Ursa Minor—Little Bear) तारा समूह का एक सदस्य है।

पृथ्वी से निकटतम तारों की दूरियाँ

तारा	पृथ्वी से दूरी (प्रकाश वर्ष में)
सूर्य (सबसे निकटतम तारा)	1 प्रकाश वर्ष से बहुत कम
प्रोक्सिमा सेन्टॉरी (सूर्य के बाद सबसे निकटतम तारा)	4·22
अल्फा सेन्टॉरी (सूर्य, प्रोक्सिमा सेन्टॉरी के बाद सबसे निकटतम तारा)	4·35
साइरस (सबसे चमकीला तारा)	8·60

नोट : *तारों की दूरियाँ प्रकाश वर्ष (Light Year) में मापी जाती हैं। (1 ly = $9{\cdot}46 \times 10^{15}$ Metre)*

3. सौर मंडल

सौर मंडल (Solar System): सूर्य के चारों ओर चक्कर लगानेवाले विभिन्न ग्रहों, क्षुद्रग्रहों, धूमकेतुओं, उल्काओं तथा अन्य आकाशीय पिण्डों के समूह या परिवार को **सौर मंडल** कहते हैं।

सूर्य सौर मंडल का मुखिया है। सौर मंडल में सूर्य का द्रव्यमान 99·97% है। शेष 0·03% में शेष सभी आकाशीय पिण्ड हैं और इनमें भी बृहस्पति और शनि का द्रव्यमान मिलकर 92% है।

ग्रहों के पास अपना प्रकाश नहीं होता है। ये सूर्य की किरणों को परावर्तित कर प्रकाशित होते हैं। प्रकाश का परावर्तन इन पिण्डों के वातावरण की मात्रा व प्रकृति पर निर्भर करता है। जिन पिण्डों के पास अपना वातावरण (वायुमंडल) नहीं होता, उनसे प्रकाश का परावर्तन कम होता है और वे कम चमकते हैं।

सभी ग्रह सूर्य के चारों ओर दीर्घवृतीय (elliptical) पथ पर परिक्रमण करते हैं। शुक्र (Venus) व अरुण (Uranus) दक्षिणावर्त्त (clockwise) दिशा में अर्थात् पूर्व से पश्चिम दिशा में परिक्रमण करते हैं जबकि अन्य सभी ग्रह वामावर्त्त (anticlockwise) दिशा में अर्थात् पश्चिम से पूर्व दिशा में परिक्रमण करते हैं। सूर्य व ग्रहों के बीच का गुरुत्वाकर्षण बल इन्हें परिक्रमण करने देता है। यदि सूर्य न रहे तो ये सभी ग्रह अपने कक्ष (orbit) के स्पर्शरेखीय (tangential) दिशा में गुरुत्वाकर्षण बल के अभाव में तेजी से गायब हो जाएंगे। पृथ्वी का उत्तरी ध्रुव (North Pole) पूरे सौर मंडल के उत्तर दिशा को निर्धारित करता है। प्रायः सभी ग्रह अपने अक्ष (axis) से थोड़ा झुककर घुमते हुए सूर्य की परिक्रमा करते हैं।

इन ग्रहों को दो भागों में विभाजित किया जाता है—आन्तरिक ग्रह या पार्थिव ग्रह तथा बाह्य ग्रह या बृहस्पति ग्रह।

(i) आन्तरिक ग्रह या पार्थिव ग्रह (Inner Planets or Terrestial Planets): आन्तरिक ग्रह में बुध, शुक्र, पृथ्वी व मंगल को शामिल किया जाता है। आन्तरिक ग्रह अपेक्षाकृत छोटे और अधिक घने होते हैं। इनमें पृथ्वी सबसे बड़ी और अधिक घनी है। सभी आंतरिक ग्रह चट्टानों व धातुओं से बने हैं। इन्हें पार्थिव ग्रह (Terrestial Planets) भी कहा जाता है क्योंकि ये पृथ्वी के सदृश हैं।

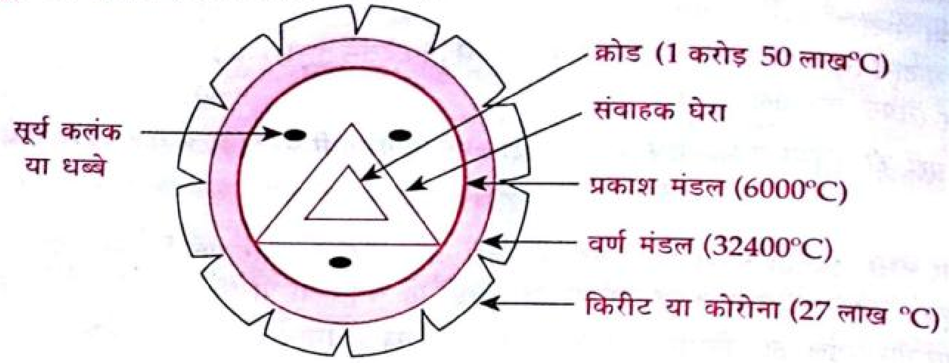
(ii) बाह्य ग्रह या बृहस्पतीय ग्रह (Outer Planets or Jovean Planets): बाह्य ग्रह में बृहस्पति, शनि, अरुण व वरुण को शामिल किया जाता है। ये चारों बाह्य ग्रह आकार में बहुत बड़े हैं और इनका बड़ा उपग्रहीय परिवार है। ये ग्रह अपेक्षाकृत बड़े और कम घने हैं। ये प्रायः हाइड्रोजन, हीलियम, अमोनिया व मिथेन गैस से बने हैं। इन्हें **बृहस्पतीय** या **ब्राहस्पत्य ग्रह** (Jovean Planets) भी कहा जाता है क्योंकि ये बृहस्पति (Jupiter) के सदृश हैं (ग्रीक शब्द Jove ⇒ Jupiter)।

सूर्य

सूर्य (Sun): सौरमंडल का हृदय स्थल है। यह जीवों के शक्ति का स्रोत है। हमारी आकाशगंगा—दुग्धमेखला—के केन्द्र से सूर्य की अनुमानित दूरी 32,000 प्रकाश वर्ष है। यह 250 किमी०/सेकण्ड की गति से आकाशगंगा—दुग्धमेखला—के केन्द्र के चारों ओर परिक्रमा करता है। इसका परिक्रमण काल 25 करोड़ वर्ष है। इस अवधि को **ब्रह्मांड वर्ष** (Cosm

वस्तुतः सूर्य एक गैसीय पिण्ड है। ठोस नहीं होने के कारण इसके विभिन्न भागों में असमान गति पाई जाती है। इसका मध्य भाग 25 दिनों में व ध्रुवीय भाग 35 दिनों में एक घूर्णन करता है।

सूर्य की संरचना (Structure of Sun) :



सूर्य निम्नलिखित स्तरों से मिलकर बना होता है—

(i) क्रोड (Core) : सूर्य का सबसे आंतरिक स्तर क्रोड कहलाता है। यह नाभिकीय भट्ठी के समान है जहाँ ऊर्जा उत्पन्न होते हैं। अन्य तारों की तरह सूर्य भी मुख्य रूप से हाइड्रोजन से भरा है। क्रोड में नाभिकीय अभिक्रिया (nuclear reaction) के कारण हाइड्रोजन परमाणु के नाभिक मिलकर हीलियम परमाणु के नाभिक का निर्माण करते हैं जिससे बड़ी मात्रा में ऊर्जा मुक्त होती है। सूर्य प्रति सेकण्ड हाइड्रोजन का लगभग दस खरब पाउण्ड उपयोग करता है। उत्पन्न ऊर्जा केन्द्रीय भाग से विकिरण क्षेत्र (radiation zone) से होता हुआ, संवाहक घेरे व वहाँ से प्रकाश मंडल होता हुआ बाह्य अंतरिक्ष में पहुँच जाता है।

(ii) संवाहक घेरा (Convective Layer) : क्रोड के ठीक ऊपर का स्तर संवाहक घेरा कहलाता है। इस स्तर द्वारा क्रोड में बने ऊर्जा का संवहन (convection) होता है।

(iii) प्रकाश मंडल (Photosphere) : सूर्य का ऊपरी सतह जो दिखाई देता है प्रकाश मंडल कहलाता है। इसी सतह से किरणों का विकिरण होता है। इसी से सूर्य का व्यास (diameter) निर्धारित होता है।

सौर वायुमंडल (The Solar Atmosphere) : सौर वायुमंडल के भी कई स्तर होते हैं— वर्ण मंडल (Chromosphere), किरीट या कोरोना (Corona) आदि।

(i) वर्णमंडल (Chromosphere) : प्रकाशमंडल के ऊपर का स्तर रक्तिम वर्णमंडल होता है। यह स्तर मुख्य रूप से हाइड्रोजन गैस से बना होता है। यह पूर्ण सूर्यग्रहण के समय प्रकाशमंडल के किनारे पर एक चमकीली गुलाबी दमक (bright pink flash) के समान दिखायी देता है।

(ii) किरीट या कोरोना (Corona) : वर्णमंडल स्तर के पीछे सूर्य का प्रभामंडल युक्त किरीट या कोरोना होता है। अंतरिक्ष में बहुत दूर तक फैला किरीट या कोरोना X-किरण विकीर्ण करने की क्षमता रखता है। यह स्तर भी सूर्यग्रहण के समय ही देखा जा सकता है। सूर्य ग्रहण के समय जब प्रकाशमंडल पूर्णतः ढंक जाता है तो सूर्य किरीट या कोरोना दिखायी देता है। अन्य समय पर प्रकीर्णित सूर्य प्रकाश के कारण किरीट या कोरोना दिखायी नहीं देता है।

सूर्य कलंक या सूर्य धब्बे (Sun Spots) : सूर्य की सतह पर कुछ काले धब्बे दिखलाई देते हैं। ये वास्तव में धब्बे नहीं हैं बल्कि सूर्य के चारों ओर चलते हुए गैसों के खोल हैं, जिनका तापमान आसपास के तापमान से 1500°C कम होता है, जिसके कारण ये धब्बेदार लगते हैं। ये धब्बे एक या दो दिनों से लेकर दो-तीन महीनों तक दिखलाई देते हैं। जब सूर्य में धब्बा दिखलाई देता है, उस समय पृथ्वी पर चुम्बकीय झंझावात (magnetic stroms) उत्पन्न होते हैं। इससे तार, रेडियो, टी०वी० आदि बिजली से चलनेवाली मशीनों में गड़बड़ी उत्पन्न हो जाती है। चुम्बक के सूई की दिशा बदल जाती है तथा नाविकों को दिशाभ्रम हो जाता है। सूर्य धब्बों का एक पूरा

चक्र 22 वर्षों का होता है, जिसे सूर्य धब्बा चक्र (Sun Spots Cycle) कहते हैं। पहले 11 वर्षों तक यह धब्बा बढ़ता है। इसके बाद 11 वर्षों तक यह धब्बा घटता है। इस चक्र के कारण सूर्य के चुम्बकीय प्रदेश बदलते रहते हैं।

सूर्य : महत्त्वपूर्ण तथ्य

परिक्रमण काल	25 करोड़ वर्ष (250 किमी०/ सेकण्ड की औसत चाल से लगभग एक वृतीय पथ में)
घूर्णन काल	25 दिन—सूर्य का मध्य भाग; 35 दिन—सूर्य का ध्रुवीय भाग
व्यास	13 लाख 92 हजार किमी० (लगभग 14 लाख किमी०) (पृथ्वी के व्यास का 110 गुना)
आपेक्षिक द्रव्यमान (पृथ्वी का द्रव्यमान = 1)	3,32,776 (पृथ्वी के द्रव्यमान का लगभग 3 लाख गुना)
घनत्व	1·41 ग्राम / सेमी०^3
क्रोड तापमान	1,50,00,000°C
रासायनिक बनावट	हाइड्रोजन (71%), हीलियम (26·5%), अन्य तत्व (2·5%)
जीवन काल	लगभग 10 अरब वर्ष (10^{10} वर्ष)

सौरमंडलीय पिण्डों की तीन श्रेणियाँ (Three Categories of Solar System Bodies): अंतरिक्ष संबंधी नामकरण के लिए एकमात्र अधिकृत संस्था अन्तर्राष्ट्रीय खगोलशास्त्रीय संघ (International Astronomical Union — IAU, स्थापना वर्ष—1919 ई०) के प्राग सम्मेलन (2006 ई०) में सौर मंडल में मौजूद पिण्डों को तीन श्रेणियों में विभाजित किया गया है। ये हैं—

1.	परम्परागत ग्रह	बुध, शुक्र, पृथ्वी, मंगल, बृहस्पति, शनि, अरुण व वरुण
2.	बौने ग्रह या प्लूटोन्स	प्लूटो, चेरॉन, सेरेस व जेना (2003 यू०बी० 313)
3.	लघु सौर मंडल पिण्ड	क्षुद्रग्रह, धूमकेतु या पुच्छल तारा, उल्का, उपग्रह व अन्य छोटे खगोलीय पिण्ड

1. परम्परागत ग्रह (Classical Planets) : अंतर्राष्ट्रीय खगोलशास्त्रीय संघ (IAU) के नवीनतम परिभाषा के अनुसार ग्रह वे खगोलीय पिण्ड हैं जो निम्नलिखित तीन शर्त्तों को पूरा करते हैं — (i) सूर्य की परिक्रमा करते हों, (ii) उनका द्रव्यमान कम-से-कम इतना हो कि अपने गुरुत्वाकर्षण के कारण उसका आकार लगभग गोल हो गया हो तथा (iii) वह अपने पड़ोसी पिण्डों की कक्षा को नहीं लांघता हो।

उपर्युक्त परिभाषा के आधार पर आधुनिक खगोलविदों ने प्लूटो (यम) की ग्रह के रूप में चली आ रही मान्यता को समाप्त कर दिया है, जिससे ग्रहों की संख्या 9 से घटकर 8 हो गई है। प्लूटो को अब बौने ग्रह (Dwarf Planets) की श्रेणी में रखा गया है।

प्राग सम्मेलन

सौरमंडल में ग्रहों की नवीन परिभाषा देने के लिए 15-24 अगस्त, 2006 को चेक गणराज्य की राजधानी प्राग में एक सम्मेलन आयोजित किया गया, जिसे प्राग सम्मेलन (Prague Summit) कहा गया। इस सम्मेलन में कुल 75 देशों के 2500 से अधिक खगोलविदों ने भाग लिया। सम्मेलन में प्लूटो को खगोलविदों ने ग्रहों की बिरादरी से बेदखल कर दिया जिससे ग्रहों की संख्या 9 से घटकर 8 रह गई। प्लूटो को तीन अन्य खगोलीय पिण्डों चेरॉन (Cheron), सेरेस (Ceres) तथा जेना 2003 यू बी 313 (Xena—2003 UB 313) के साथ बौने ग्रह की श्रेणी में रखा गया है। यह सम्मेलन 10 दिन तक चला। अमेरिकी अंतरिक्ष शोध एजेंसी (NASA) ने प्राग सम्मेलन के घोषणा को अपमानजनक बताते हुए इसका विरोध किया है।

ग्रह के लिए प्रयुक्त होनेवाला अंग्रेजी शब्द Planet ग्रीक शब्द Planetes से बना है। Planetes का अर्थ है घुमक्कड़ या यायावर (Wanderer)। अतः Planet शब्द मुख्यतः ग्रहों की सतत् गतिशीलता का परिचायक है। आकाश में सभी ग्रह अपनी स्थिति बदलते रहते हैं, जिसके कारण ये आकाश में बहुत कम दिखाई पड़ते हैं और कभी-कभी गायब भी हो जाते हैं। इसलिए इनको प्लेनेट कहा जाता है। अब तक ज्ञात ग्रहों का नामकरण रोम के देवताओं के नाम के आधार पर किया गया है जैसे मरक्यूरी, वीनस, मार्स, जुपिटर, सैटर्न, यूरेनस एवं नेप्च्यून। ग्रहों का अपना प्रकाश नहीं होता है तथा ये सूर्य के प्रकाश से प्रकाशित होते हैं।

परम्परागत ग्रहों में छः ग्रहों—बुध (Mercury), शुक्र (Venus), पृथ्वी (Earth), मंगल (Mars), बृहस्पति (Jupiter) व शनि (Saturn)—के बारे में जानकारी प्राचीन काल से ही थी। दो अन्य ग्रहों — अरुण (Uranus) व वरुण (Neptune) की खोज दूरबीन (Telescope) के आविष्कार के पश्चात् हुई। अरुण की खोज 1781 ई० में विलियम हर्शेल (William Herschel) ने की तथा वरुण की खोज 1846 ई० में जॉन गैले (John Galle) ने की।

ग्रहों का क्रम (Order of Planets) :

1. सूर्य से दूरी के अनुसार : बुध (Mercury), शुक्र (Venus), पृथ्वी (Earth), मंगल (Mars), बृहस्पति (Jupiter), शनि (Saturn), अरुण (Uranus) व वरुण (Neptune)

याद रखने हेतु उपयोगी सूत्र

My	Very	Educated	Mother	Just	Serves	US	Namkeen
|	|	|	|	|	|	|	|
Mercury	Venus	Earth	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptune

2. पृथ्वी से दूरी के अनुसार : शुक्र, मंगल, बुध, बृहस्पति, शनि, अरुण व वरुण

3. आकार के अनुसार : बृहस्पति, शनि, अरुण, वरुण, पृथ्वी, शुक्र, मंगल व बुध

परम्परागत ग्रहों का परिचय :

(i) बुध (Mercury) : यह सूर्य का निकटतम ग्रह है। इसकी सूर्य से औसत दूरी 5 करोड़ 80 लाख किमी० है। यह सौर मंडल का सबसे छोटा ग्रह भी है (प्लूटो की ग्रह के रूप में मान्यता समाप्त होने के बाद)। यह आकार में पृथ्वी के उपग्रह चन्द्रमा से थोड़ा बड़ा है। इसका व्यास लगभग 4,900 किमी० है। यह 88 दिन में सूर्य की परिक्रमा कर लेता है। यह अपने दीर्घवृतीय कक्ष में 1,76,000 किमी० प्रति घंटे की गति से घूमता है। यह गति इसे सूर्य की गुरुत्वाकर्षण शक्ति की पकड़ से सुरक्षित रखती है। इसे अपनी धुरी पर एक चक्कर लगाने में 59 दिन लगता है। इसका द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का 0·056 गुना है। इसका घनत्व 5·6 ग्राम प्रति घन सेमी० है। बुध का अधिक घनत्व यह सिद्ध करता है कि इसकी सतह भारी तत्वों से बनी है। इसका क्रोड लोहे से बना हुआ है। इसका गुरुत्वाकर्षण पृथ्वी का $^3/_8$ वाँ भाग है।

बुध ग्रह पर वायुमंडल नहीं है। यहाँ दिन अतिशय गर्म और रातें बर्फीली होती हैं। बुध का एक पूरा दिन पृथ्वी के 176 दिनों के बराबर अवधि का होता है (बुध का सिर्फ दिन पृथ्वी के 90 दिनों के बराबर अवधि का तथा इतने ही अवधि की सिर्फ रात होती है)। बुध चन्द्रमा के सदृश दिखायी देता है तथा यहाँ पर भी चन्द्रमा की तरह बड़े-बड़े पहाड़ व ज्वालामुखी के मुँह है। यहाँ पर एक कैलोरिस बेसिन (Caloris Basin) है। इस बेसिन का व्यास 1,300 किमी० है तथा यह सतह से 2,000 मीटर ऊँचे पर्वतों से चारों ओर से घिरी हुई है।

बुध ग्रह का कोई उपग्रह नहीं है।

(ii) शुक्र (Venus) : बुध के बाद यह सूर्य का निकटतम ग्रह है। इसकी सूर्य से औसत दूरी 10 करोड़ 82 लाख किमी० है। यह आकार और भार में पृथ्वी के लगभग बराबर है। इसलिए इसे पृथ्वी की बहिन (Earth's Sister) तथा पृथ्वी का जुड़वाँ (Earth's Twin) भी कहा जाता है। इसे अपनी धुरी पर एक चक्कर लगाने में 243 दिन लगता है। यह अरुण (Uranus) की भाँति

पृथ्वी की विपरीत दिशा में अर्थात् पूर्व से पश्चिम दिशा में घूर्णन करता है। इसका द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का 0·815 गुना है। इसका घनत्व 5·2 ग्राम प्रति घन सेमी० है। शुक्र ग्रह गर्म और तपता हुआ ग्रह है। यह सूर्य और चन्द्रमा को छोड़कर सबसे चमकीला दिखायी देता है। इसके चारों ओर सल्फ्यूरिक एसिड के जमे हुए बादल हैं, जो शुक्र के धरातल से 80 किमी० ऊँचाई पर हरदम छाये रहते हैं। ये बादल शुक्र पर पड़नेवाली सूर्य की अधिकांश किरणों (76% किरणों) को परावर्तित कर देते हैं। शुक्र ग्रह का अधिकतर भाग घुमावदार मैदानों से ढ़ंका है तथा इस ग्रह पर कुछ जीवित ज्वालामुखी भी हैं।

शुक्र ग्रह का वायुमंडल लगभग 97% कार्बन डाईऑक्साइड से भरा हुआ है तथा शेष नाइट्रोजन, जलवाष्प तथा अन्य तत्व से। शुक्र का वायुमंडलीय दाब पृथ्वी के वायुमंडलीय दाब से 90 गुना ज्यादा है।

प्रातः पूर्वी आकाश में एवं सायं पश्चिमी आकाश में दिखायी पड़ने के कारण इसे क्रमशः भोर का तारा (Morning Star) तथा सांझ का तारा (Evening Star) भी कहते हैं।

बुध ग्रह की भाँति शुक्र ग्रह का भी कोई उपग्रह नहीं है।

(iii) पृथ्वी (Earth) : अवस्थिति (Position) : पृथ्वी शुक्र और मंगल के मध्य स्थित ग्रह है। सूर्य से दूरी (Distance from Sun) : यह सूर्य से दूरी के अनुसार तीसरा ग्रह है। पृथ्वी की सूर्य से औसत दूरी 14 करोड़ 95 लाख 98 हजार 5 सौ किमी० [=1 खगोलीय इकाई (Astronomical Unit —A.U.)] है। सूर्य से इसकी निकटतम दूरी (Perihelion) 14·73 करोड़ किमी० तथा अधिकतम दूरी (Aphelion) 15·2 करोड़ किमी० है। सूर्य से पृथ्वी तक प्रकाश पहुँचने में 8 मिनट 18 सेकण्ड (498 सेकण्ड) लगता है। आकार (Size) : आकार के अनुसार यह पांचवाँ सबसे बड़ा तथा चौथा सबसे छोटा ग्रह है (प्लूटो की ग्रह के रूप में मान्यता समाप्त होने के बाद)। इसका औसत व्यास लगभग 12,740 किमी० है। इसका विषुवत्रेखीय व्यास 12,756 किमी० तथा ध्रुवीय व्यास 12, 714 किमी० है। आकृति (Shape) : सामान्यतया पृथ्वी की आकृति गोलाकार है किन्तु यह ध्रुव पर कुछ चिपटा तथा विषुवत रेखा पर कुछ फुला हुआ है। पृथ्वी की इस लगभग गोलाकार आकृति को लध्वक्ष गोलाभ (Oblate Spheriod / Ellipsoid / Geoid) कहा जाता है। परिक्रमण (Revolution) या वार्षिक गति : यह सूर्य की परिक्रमा 1,07,160 किमी० प्रति घंटे की गति से 365 दिन 5 घंटे 48 मिनट 45·51 सेकण्ड (या 365·25636 दिन या $365^1/_4$ दिन) में पूरी करती है। पृथ्वी अपने कक्ष (Orbit) पर सूर्य के परितः एक दीर्घवृतीय या अण्डाकार मार्ग (elliptical path) पर चक्कर काटती है। पृथ्वी अपने कक्ष पर $66^1/_2°$ झुकी हुई है। परिक्रमण के कारण पृथ्वी पर ऋतु परिवर्तन होता है। यदि पृथ्वी अपने कक्ष पर परिक्रमण बंद कर दे तो पृथ्वी के आधा भाग पर सदैव एक ऋतु तथा शेष आधा भाग पर सदैव दूसरा ऋतु रहेगा। घूर्णन (Rotation) या दैनिक गति : पृथ्वी अपने अक्ष या धुरी (axis) पर पश्चिम से पूर्व की ओर 1,610 किमी० प्रति घंटे की गति से 23 घंटे 56 मिनट 4·091 सेकण्ड में एक पूरा चक्कर काटती है। पृथ्वी अपने अक्ष पर 23°26'59" (लगभग $23^1/_2°$) अक्षांश झुकी हुई है। घूर्णन के कारण पृथ्वी पर दिन-रात होते हैं। यदि पृथ्वी अपने अक्ष पर घूर्णन बंद कर दे तो पृथ्वी का आधा भाग सदैव प्रकाश में रहेगा तथा शेष आधा भाग सदैव अंधकार में। द्रव्यमान (Mass) व घनत्व (Density) : पृथ्वी का द्रव्यमान $5·976×10^{24}$ किग्रा० है। पृथ्वी का घनत्व 5·52 ग्राम प्रति घन सेमी० है। संरचना (Structure) : पृथ्वी की आंतरिक संरचना सियाल (Sial), सीमा (Sima) और निफे (Nife) से हुई है। मध्य तापमान, ऑक्सीजन और प्रचुर मात्रा में जल की उपस्थिति (71% क्षेत्र पर जल का विस्तार) के कारण पृथ्वी सौरमंडल का अकेला ऐसा ग्रह है जहाँ जीवन (life) है। पृथ्वी को नीला ग्रह (Blue Planet) भी कहा जाता है क्योंकि अंतरिक्ष से यह नीला दिखाई देता है। नीला दीखने का कारण जल है।

वायुमंडल (Atmosphere) : पृथ्वी के ऊपर वायुमंडल का आवरण है। वायुमंडल का 78·03% नाइट्रोजन से तथा 20·99% ऑक्सीजन से निर्मित है। स्पष्ट है कि वायुमंडल का 99·02% भाग सिर्फ नाइट्रोजन व ऑक्सीजन से ही बना है। वायुमंडल पृथ्वी की गुरुत्वाकर्षण शक्ति के कारण पृथ्वी से बंधा हुआ है।

उपग्रह (Satellite) : पृथ्वी का एकमात्र उपग्रह चन्द्रमा (Moon) है।

(iv) मंगल (Mars) : यह सूर्य से दूरी के अनुसार चौथा ग्रह है। सूर्य से इसकी दूरी 22 करोड़ 80 लाख किमी० है। यह सौरमंडल का दूसरा छोटा ग्रह है (प्लूटो की ग्रह के रूप में मान्यता समाप्त होने के बाद)। इसका व्यास 6,800 किमी० है। पृथ्वी का दूसरा पड़ोसी ग्रह है। यह सूर्य की परिक्रमा 686 दिन में पूरी करता है। चूँकि मंगल अपने कक्ष पर झुकी हुई है, अतः यहाँ ऋतुएँ भी होती हैं। यहाँ 6 महीने गर्मी और 6 महीने जाड़े का मौसम होता है। इसे अपने अक्ष या धुरी पर एक चक्कर लगाने में 24·7 घण्टा लगता है। इसका द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का 0·107 गुना है। इसका घनत्व 3·95 ग्राम प्रति घन सेमी० है। इसकी गुरुत्वाकर्षण शक्ति पृथ्वी के मात्र एक तिहाई के बराबर है। मंगल की भूमि बंजर है। इसका रंग इसके मिट्टी में लौह ऑक्साइड की उपस्थिति के कारण लाल है। अतः इसे लाल ग्रह (Red Planet) भी कहते हैं। मंगल ग्रह की सतह अत्यंत जटिल है। यहाँ पर बड़े-बड़े रेगिस्तान, ज्वालामुखी व पर्वत पाये जाते हैं। मंगल का सबसे ऊँचा पर्वत निक्स ओलम्पिया (Nix Olympia) है जो एवरेस्ट से तीन गुना ऊँचा है। मंगल पर सबसे बड़ा ज्वालामुखी आलम्पस मोन्स है। यहाँ पर चैनल भी पाया जाता है। इनमें से एक चैनल वैलेस मैरिनरिस (Valles Marineris) है। इसकी लंबाई 4,000 किमी०, चौड़ाई 200 किमी० व गहराई 6 किमी० है। इसकी सतह पर गहरे गड्ढे, ज्वालामुखी और ऐसी घाटियाँ हैं जिससे पता चलता है कि यहाँ पर कभी पानी का मुक्त बहाव था।

मंगल के चारों ओर एक पतला वायुमंडल पाया जाता है। वायुमंडलीय दाब बहुत कम है। वायुमंडल का 95% भाग दमघोंटू कार्बन डाईऑक्साइड से बना है। शेष में नाइट्रोजन, ऑर्गन तथा थोड़ी मात्रा में जलवाष्प उपस्थित है। थोड़ी मात्रा में हाइड्रोजन, ऑक्सीजन व ओजोन भी पाया जाता है। 1976 में वायकिंग यान मंगल की सतह पर उतरा। वायकिंग की खोज से यह पता चला कि यहाँ पर जीवन की कोई संभावना नहीं है। मंगल ग्रह पर भेजे गए अन्य अंतरिक्ष अभियान हैं — पाथ फाइंडर, मार्स ओडिसी, बीगल-2 (2003), स्पिरिट व अपॉर्च्युनिटी (2004)।

फोबोस (Phobos) व डीमोस (Deimos) मंगल ग्रह के दो उपग्रह हैं। डीमोस सौर मंडल का सबसे छोटा उपग्रह है।

(v) बृहस्पति (Jupiter) : यह सूर्य से दूरी के अनुसार पांचवां ग्रह है। सूर्य से इस ग्रह की दूरी 77 करोड़ 80 लाख किमी० है। यह सौर मंडल का सबसे बड़ा ग्रह है। इसका व्यास 1 लाख 43 हजार किमी० है। यह सूर्य की परिक्रमा करने में 11·9 वर्ष लगाता है। इसे अपने अक्ष या धुरी पर एक चक्कर लगाने में 9·8 घंटा लगता है। यह सौर मंडल का सबसे भारी ग्रह है। इसका द्रव्यमान सौर मंडल के सभी ग्रहों का 71% है। इसका द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का 318 गुना है। इसका घनत्व 1·31 ग्राम प्रतिघन सेमी० है। इसका गुरुत्वाकर्षण पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण के 5 गुना अधिक है। बड़ा होने पर भी इसकी गति बहुत तेज है। इस तीव्र गति के कारण इसका ध्रुवीय प्रदेश अधिक पतला हो गया है। वस्तुतः यह गैस व द्रव का बना गोला है जिसमें कोई ठोस धरातल नहीं है। यह हल्के पदार्थों से बना है जिसमें हाइड्रोजन अमोनिया, मिथेन और हीलियम की प्रधानता है। बृहस्पति की सतह का तापमान जहाँ–108°C होता है वहीं भीतरी तापमान 25000°C तक। पायनियर (Pioneer) अंतरिक्ष अभियान द्वारा प्राप्त चित्रों के अनुसार बृहस्पति के विशालकाय लाल धब्बे (Great Red Sports) की जानकारी मिली है। वोयेजर-1 (Voyager-1) के द्वारा बाद में पता लगा कि ये लाल धब्बे अशांत बादलों के घेरे में विशाल चक्रवात हैं। यहाँ पर धूल भरे वलय और ज्वालामुखी भी हैं।

बृहस्पति के चारों ओर वायुमंडल का हजारों किलोमीटर मोटा आवरण पाया जाता है। इसका वायुमंडल अधिकांशतः हाइड्रोजन एवं हीलियम से बना है। अन्य तत्वों में अमोनिया व मिथेन गैस शामिल हैं। बृहस्पति सूर्य से जितनी ऊर्जा अवशोषित करता है उससे अधिक विकिरण द्वारा उत्सर्जित कर देता है। इसका विकिरण ऊष्माविहीन विद्युत चुम्बकीय है। इसके वायुमंडल में तापमान–125°C तक रहता है।

बृहस्पति के 63 उपग्रह हैं जिनमें **गैनिमीड** (Ganymede) सबसे बड़ा है। यह सौर मंडल का भी सबसे बड़ा उपग्रह है। अन्य उपग्रहों में आयो, यूरोपा, कैलिस्टो, आलमथिआ आदि प्रमुख हैं।

(vi) शनि (Saturn) : यह सूर्य से दूरी के अनुसार छठा ग्रह है। सूर्य से इस ग्रह की दूरी 142 करोड़ 70 लाख किमी० है। यह आकार में बृहस्पति के बाद सौर मंडल का दूसरा सबसे बड़ा ग्रह है। इसका व्यास 1 लाख 20 हजार किमी० है। यह सूर्य की परिक्रमा करने में 29·5 वर्ष लगाता है। यह अपनी धुरी पर 10·2 घंटा में एक चक्कर लगाता है। इसका द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का 95 गुना अधिक है। शनि ग्रह का घनत्व सौर मंडल के ग्रहों में सबसे कम है। इसका घनत्व मात्र 0·70 ग्राम प्रति घन सेमी० है और पानी में डाल दिये जाने पर यह तैरने लगेगा। यह ग्रह गैस व द्रव से बना है। यहाँ ठोस धरातल का अभाव है। यह हल्के तत्वों से बना है जिसमें हाइड्रोजन व हीलियम प्रमुख हैं। इसके अतिरिक्त इसमें अमोनिया, मिथेन आदि हैं। इस ग्रह का तापमान–139°C है।

इसका वायुमंडल अधिकांशतः हाइड्रोजन व हीलियम से बना है। यह बृहस्पति से अधिक ठंढा ग्रह है। इसके वायुमंडल में औसत तापमान–180°C होता है। शनि ग्रह की सबसे बड़ी विशिष्टता यह है कि इसके चारों ओर वलय (Rings) पाये जाते हैं। इन वलयों की संख्या 10 है। वोयेजर-1 (Voyager 1) ने पता लगाया कि ग्रह के वलय हजारों सर्पीली तरंगों की पट्टियाँ हैं जिनकी मोटाई लगभग 100 फीट है।

आकाश में यह ग्रह पीले तारे के समान नजर आते हैं। यह अंतिम ग्रह है जिसे नंगी आँखों से देखा जा सकता है। इसके बाद के ग्रह नंगी आँखों से नहीं देखे जा सकते।

शनि के अभी तक 61 उपग्रह ज्ञात हैं। इसका सबसे बड़ा उपग्रह टाइटन (Titan) है। टाइटन की खोज क्रिस्टियान हाइगन्स (Christiaan Huygens) ने की। टाइटन में नाइट्रोजन युक्त वायुमंडल पाया जाता है। यह सौर मंडल का एकमात्र उपग्रह है जहाँ घना वायुमंडल पाया जाता है। इस वायुमंडल की उपस्थिति से जीवन के लक्षण का पता चलता है। लेकिन यहाँ पर जीवन का अस्तित्व नहीं मिलता। अन्य उपग्रहों में एटलस, मीमास, इंक्लेडस, टेथिस, डायोन, रिया, हाइपेरियोन और फोइबे उल्लेखनीय हैं।

(vii) अरुण (Uranus) : इस ग्रह की खोज 1781 ई० में सर विलियम हर्शेल (William Herschel) ने की। अरुण को प्रथम आधुनिक ग्रह कहा जाता है।

सूर्य से दूरी के अनुसार यह सातवां ग्रह है। सूर्य से इसकी दूरी 286 करोड़ 90 लाख किमी० है। यह आकार में सौर मंडल का तीसरा सबसे बड़ा ग्रह है। इसका व्यास 52,000 किमी० है। यह सूर्य की परिक्रमा करने में 84 वर्ष लगाता है। अपने धुरी के लम्ब के साथ 90° झुके रहने के कारण यह एकमात्र ऐसा ग्रह है जो एक ध्रुव से दूसरे ध्रुव तक अपनी परिक्रमा कक्ष में सूर्य के सामने रहता है और पहियों की तरह घूमता है। इसीलिए इसे लेटा हुआ ग्रह कहा जाता है। यह अपने अक्ष या धुरी पर 10·8 घंटा में एक चक्कर लगाता है। इसका द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का 14·5 गुना है। इसका घनत्व 1·21 ग्राम प्रति घन सेमी० है। इस ग्रह पर ठोस धरातल का अभाव है। इसके सतह का तापमान–197°C है।

इस ग्रह का वायुमंडल घना है। इसमें मिथेन गैस की प्रधानता है जिसके कारण दूरबीन से देखने पर यह हरे रंग का नजर आता है। इसके अलावे इसमें हाइड्रोजन और हीलियम प्रमुखता से पाये जाते हैं। इसके वायुमंडल में औसत तापमान–225°C के लगभग है। शनि की भाँति इस ग्रह के चारों और धुंधले वलय (rings) हैं। ये वलय गहरे कसे हुए हैं और इनकी संख्या 9 है। इन वलयों में अल्फा, बीटा, गामा, डेल्टा व एप्सीलान प्रमुख हैं। इसके अलावा इसमें 40 लाख वर्गमील से बड़ा चुम्बकीय क्षेत्र है।

इस ग्रह के 27 उपग्रह हैं जिनमें ऐरियल, अम्ब्रियल, टिटेनिया, ओबेरोन, मिराण्डा आदि प्रमुख हैं।

(viii) वरुण (Neptune) : इस ग्रह की खोज 1846 ई० में जर्मन खगोलवेत्ता जॉन गैले (John Galle) ने की। सूर्य से दूरी के अनुसार यह आठवां एवं अंतिम ग्रह है। सूर्य से इसकी दूरी 450 करोड़ 5 लाख किमी० है। यह आकार में सौर मंडल का चौथा सबसे बड़ा ग्रह है। इसका व्यास 49,000 किमी० है। यह सूर्य की परिक्रमा करने में 165 वर्ष लगाता है। अर्थात् यह सूर्य की परिक्रमा सबसे ज्यादा समय में करनेवाला ग्रह है (प्लूटो की ग्रह के रूप में मान्यता समाप्त होने के बाद)। यह अपनी धुरी पर 15.8 घंटा में एक चक्कर लगाता है। इसका द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का 17.2 गुना है। इसका घनत्व 1.67 ग्राम प्रति घन सेमी० है। इस ग्रह में ठोस धरातल का अभाव है। इस ग्रह के सतह का तापमान–193°C है। यह सबसे ठंढा ग्रह है (प्लूटो की ग्रह के रूप में मान्यता समाप्त होने के बाद)।

इसके वायुमंडल में हाइड्रोजन गैस अधिक मात्रा में पाया जाता है। इसके साथ ही कुछ मात्रा में मिथेन गैस भी पाया जाता है। इसका रंग पीतमिश्रित हरा (पीलापन लिये हुए हरा) है। शनि, अरुण की भाँति इस ग्रह के चारों ओर धुंधले वलय (rings) हैं। इन वलयों की संख्या 5 है। आंतरिक वलय पतली और सख्त है और बाह्य वलय बर्फ चन्द्रिकाओं से भरी हुई है।

वरूण के 13 उपग्रह हैं। जिनमें प्रमुख हैं—ट्रिटोन (Triton) व नेरेइड (Nereid)।

2. बौने ग्रह या प्लूटोन्स (Dwarf Planets or Plutones) : अंतर्राष्ट्रीय खगोलशास्त्रीय संघ (IAU) ने सौरमंडलीय पिण्डों की दूसरी श्रेणी को बौने ग्रह या प्लूटोन्स का नाम दिया है। प्लूटोन्स का अर्थ है—प्लूटो जैसे अन्य पिण्ड। बौने ग्रह या प्लूटोन्स के अन्तर्गत प्लूटो, चेरॉन, सेरेस एवं जेना (2003 यू बी 313) को शामिल किया गया है।

(i) यम या कुबेर (Pluto) : यह अपने खोज के बाद से ही विवादास्पद रहा है। लम्बे विचार-विमर्श के बाद खगोलशास्त्रियों के अंतर्राष्ट्रीय संघ (International Astronomical Union—IAU) ने प्लूटो की ग्रह के रूप में मान्यता समाप्त कर दी है। क्यूपर बेल्ट में स्थित प्लूटो की खोज 1930 ई० में क्लाड टामवो ने की थी। ग्रह की सुस्पष्ट वैज्ञानिक परिभाषा के अभाव में अन्य 8 ग्रहों से उल्लेखनीय भिन्नताओं के बावजूद इसे ग्रहों की श्रेणी में स्वीकार किया गया था। मगर अंतर्राष्ट्रीय खगोलशास्त्रीय संघ के चेक गणराज्य की राजधानी प्राग (Prague) में अगस्त 2006 में संपन्न 26वीं महासभा में ग्रह की जो परिभाषा स्वीकार की गई, उसके आधार पर प्लूटो का ग्रह का दर्जा समाप्त कर उसे बौने ग्रह (Dwarf Planets) की श्रेणी में रखा गया है।

सूर्य से प्लूटो की दूरी 589 करोड़ किमी० है। इसका व्यास 2,300 किमी० है। यह सूर्य की परिक्रमा करने में 248 वर्ष लगाता है। यह सौर मंडल में अनियमित परिक्रमा पथ पर घूमता है। प्लूटो की कक्षा (orbit) वरुण (Neptune) की कक्षा को काटती है। यह अपनी धुरी पर 6·4 दिन में एक चक्कर लगाता है। इसका द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का 0·002वाँ भाग है। इसका घनत्व 2·03 ग्राम प्रति घन सेमी० है। यह पानी और मिथेन का जमा हुआ बर्फ का गोला है। इसके सतह का तापमान–220°C है। यह अत्यधिक ठंडा बौना ग्रह है।

(ii) चेरॉन (Cheron) : पहले इसे प्लूटो का एकमात्र उपग्रह स्वीकार किया जाता था। लेकिन अंतर्राष्ट्रीय खगोलशास्त्रीय संघ (IAU) के प्राग सम्मेलन 2006 के निर्णयानुसार इसे बौने ग्रह की श्रेणी में डाल दिया गया है। इसका व्यास 1192 किमी० है।

(iii) सेरेस (Ceres) : इसे 1801 में इटली के खगोलविद पियाजी द्वारा खोजा गया था। यह अब तक खोजे गए सभी क्षुद्रग्रहों में सबसे बड़ा था लेकिन आकाशीय पिण्डों की नई परिभाषा के अनुसार अब इसे बौने ग्रह की श्रेणी में डाल दिया गया है। इस पिण्ड का व्यास 936 किमी० है जो बुध के व्यास का $^1/_5$ भाग है।

(iv) जेना–2003 यू बी 313 (Xena–2003 UB 313) : अंतर्राष्ट्रीय खगोलशास्त्रीय संघ (IAU) के नवीनतम परिभाषानुसार यह एक बौना ग्रह या प्लूटोन्स है। लगभग 1490 मील चौड़े इस पिंड को इरीस (136199) नाम दिया गया है।

3. लघु सौरमंडलीय पिण्ड (Small Solar System Bodies) : अंतर्राष्ट्रीय खगोलशास्त्रीय संघ (IAU) के अनुसार यह सौरमंडलीय पिण्डों की तीसरी श्रेणी है। इसके तहत क्षुद्रग्रह, धूमकेतु या पुच्छलतारा, उल्का, उपग्रह व अन्य छोटे खगोलीय पिण्डों को शामिल किया गया है।

(i) क्षुद्रग्रह या ग्रहिकाएँ (Asteroids) : इन्हें लघु ग्रह, अवांतर ग्रह आदि नामों से भी जाना जाता है। सूर्य की परिक्रमा करनेवाले विभिन्न आकारों के चट्टानी मलवे (rocky debris) जो मुख्यतः बृहस्पति और मंगल की कक्षाओं के मध्य की 547 मिलियम किमी० की पट्टी में विचरण करते हैं, क्षुद्रग्रह कहलाते हैं। अंतरिक्ष में करीब 40,000 क्षुद्रग्रह हैं। चिरॉन (Chiron) नामक क्षुद्रग्रह शनि तथा अरुण (Uranus) के बीच चक्कर लगाती है। खगोलविदों के अनुसार ग्रहों के विस्फोट के फलस्वरूप टूटे हुए ग्रह (अवांतर ग्रह) के रूप में इनकी उत्पति हुई है। ये बड़े ग्रहों के टुकड़े हैं जो किसी समय टूटकर इनसे अलग हो गये। फोर वेस्टा (Four Vesta) एकमात्र ऐसा क्षुद्रग्रह है जिसे नंगी आँखों से देखा जा सकता है। कुछ अन्य बड़े क्षुद्रग्रह आटेन (Aten), पलास (Pallas), हाइजिया (Hygeia) आदि हैं।

(ii) धूमकेतु या पुच्छलतारा (Comets) : Comet शब्द की उत्पत्ति ग्रीक भाषा के शब्द Aster Komates से हुई है जिसका अर्थ है लंबे बाल वाला तारा। इसका लम्बा बाल इसमें पाई जानेवाली एक पूँछ होती है जो कि हवा में उड़ते हुए लम्बे बाल की तरह लगती है। यह पूँछ एक नाभिक से निकलती है। यह धूमकेतु की सामान्य रूप से दिखाई पड़नेवाली संरचना है। लेकिन धूमकेतु की संरचना सदैव ऐसी नहीं होती। उसकी पूँछ सूर्य के नजदीक आने पर ही दिखाई पड़ती है। प्लूटो के बाद का क्षेत्र धूमकेतु क्षेत्र है जिसके बाद गहन अंतरिक्ष शुरु हो जाता है।

एक धूमकेतु मुख्य रूप से बर्फ व धूलकणों का बना होता है। यह बर्फ, मिथेन, अमोनिया, कार्बन डाईऑक्साइड, जल इत्यादि के जमने से बना होता है। इस बर्फ में कुछ चट्टानें भी जमी रहती हैं। यह धूमकेतु सूर्य के चारों ओर एक दीर्घवृत्तीय (elliptical) कक्षा में घूमता रहता है। धूमकेतु इस प्रकार सूर्य का चक्कर लगाते हैं कि इसकी पूँछ (tail) का फैलाव सदैव सूर्य के विपरीत दिशा में रहता है तथा सिर (head or coma) सूर्य की ओर रहता है। सामान्यतया इसकी कक्षा काफी लंबी होती है, इसीलिए कई वर्षों बाद दिखाई पड़ता है। इसी लंबे अंतराल के कारण पहले ऐसा समझा जाता था कि धूमकेतु दुबारा आते ही नहीं हैं लेकिन सर्वप्रथम एडमण्ड हेली ने यह सिद्ध किया कि धूमकेतु काफी लंबे अंतराल के बाद आते हैं। हेली धूमकेतु (Halley's Comet) एक प्रमुख धूमकेतु है जो कि अंतिम बार 1986 में दिखायी दिया था। यह धूमकेतु 75·81 वर्ष (लगभग 76 वर्ष) बाद दिखाई देता है। अब यह 2062 में दिखायी पड़ेगा।

जैसे ही धूमकेतु आंतरिक सौर मंडल में प्रवेश करता है, सूर्य की गर्मी से इस पर आच्छादित बर्फ पिघलने लगती है और गैस बनने लगती है जिसके कारण यह गैस से घिरे एक नाभिक का रूप धारण कर लेता है। सूर्य से निकलनेवाली गैस सूर्य की विपरीत दिशा में अर्थात् धूमकेतु के केन्द्र से पीछे काफी दूर तक (करोड़ों किमी० तक) फैल जाती है और इस प्रकार धूमकेतु की पूँछ बन जाती है, जो अंतरिक्ष में काफी दूर तक फैल जाती है। इस प्रकार, जब हमें धूमकेतु दिखाई पड़ता है (अर्थात् जब सौर मंडल के अंदरुनी हिस्से में प्रवेश करता है) तो हमें नाभिक से निकलती लम्बी पूँछ दिखाई पड़ती है। यह पूँछ हमेशा सूर्य से विपरीत दिशा में रहती है। इसकी पूँछ में एक खतरनाक रसायन सायनोजेन (CN) होता है।

पहले धूमकेतुओं की कक्षा की जानकारी नहीं होने के कारण और कभी-कभी दिखाई पड़ने के कारण इन्हें अपशकुन (bad omen) का प्रतीक माना जाता था। लेकिन खगोल विज्ञान के विकास के साथ ही ये भ्रांतियाँ अब दूर हो गई हैं।

(iii) उल्का (Meteor) : रात्रि के समय आकाश में अत्यंत चमकीले पदार्थ तेजी के साथ पृथ्वी की ओर गिरते नजर आते हैं। वस्तुतः ये क्षुद्रग्रह व अन्य आकाशीय पिण्डों के टुकड़े होते हैं जो पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र में पृथ्वी के वायुमंडल में प्रवेश करते हैं तो हवा के घर्षण से इसका ताप बढ़ता जाता है और ये जलकर नष्ट हो जाते हैं। यह टूटते हुए तारों की शक्ल में

नजर आते हैं। इसे ही उल्का कहते हैं। कुछ उल्काएँ वायुमंडल में पूरी तरह से नहीं जल पाती है और बचा हुआ पिण्ड पृथ्वी के धरातल पर आकर गिर पड़ता है इसे उल्कापिण्ड (Meteorite) कहते हैं।

(iv) उपग्रह (Satellites) : वे आकाशीय पिण्ड जो अपने-अपने ग्रहों की परिक्रमा करते हैं उपग्रह कहलाते हैं। इनमें भी अपना प्रकाश नहीं होता है और ये अपने ग्रह के साथ सूर्य की भी परिक्रमा करते हैं। ग्रहों के समान उपग्रहों का परिक्रमण पथ भी दीर्घवृतीय या अण्डाकार (elliptical) होता है। उपग्रह ग्रहों की अपेक्षा छोटे होते हैं। अधिकतर उपग्रह उसी दिशा में अपने ग्रहों की परिक्रमा करते हैं जिस दिशा में वह ग्रह सूर्य की परिक्रमा करता है। लेकिन कुछ उपग्रह ऐसे भी हैं जिनका मार्ग विपरीत दिशा में है।

विभिन्न ग्रहों के उपग्रह

ग्रह	उपग्रहों की संख्या	मुख्य उपग्रहों के नाम
पृथ्वी	1	चन्द्रमा (Moon)
मंगल	2	फोबोस एवं डीमोस
बृहस्पति	63	इओ, यूरोपा, गैनीमीड, कैलिस्टो, लो
शनि	61	टाइटन, येपेटस, रिया, डियोन, टीथिस, एटलस, लापेटस, हेलेन, प्रोमेथ्रस, फोइबे
अरुण	27	मिरण्डा, एरिअल, अम्ब्रीएल, टाइटेनिया, ओबेरॉन, बेलिण्डा, आफेलिया
वरुण	13	ट्रिटोन तथा नेरेइड

बुध तथा शुक्र को छोड़कर शेष सभी ग्रहों के उपग्रह हैं। सौरमंडल में 167 ज्ञात उपग्रह हैं। जिनमें गैनीमीड (Gaynmede) सबसे बड़ा तथा डीमोस (Deimos) सबसे छोटा है।

पृथ्वी का उपग्रह : चन्द्रमा (Moon) : चन्द्रमा पृथ्वी का एकमात्र प्राकृतिक उपग्रह है। पूरे सौर मंडल में यही एक उपग्रह है जो सामान्य उपग्रह से बहुत बड़ा है। प्रायः सभी उपग्रह अपने मूल ग्रह के आकार का आठवाँ भाग है जबकि चन्द्रमा पृथ्वी के व्यास के लगभग एक चौथाई के बराबर है। चन्द्रमा की गुरुत्वाकर्षण शक्ति पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण शक्ति के छठे भाग के बराबर है। चन्द्रमा पृथ्वी का निकटतम खगोलीय पिण्ड है। चन्द्रमा की पृथ्वी से औसत दूरी 382 हजार किमी० है। चन्द्रमा की पृथ्वी से निकटतम दूरी (Perigee) 364 हजार किमी० तथा अधिकतम दूरी (Apogee) 406 हजार किमी० है। चन्द्रमा पृथ्वी के चारों ओर 27·3 दिन (27 दिन 7 घंटे 43 मिनट 11·47 सेकण्ड) में और इतने ही समय में अपनी धुरी पर भी एक चक्कर लगाता है। चन्द्रमा के परिक्रमण काल व घूर्णन काल समान होने के कारण हमें इसका केवल एक ही सतह दिखायी देता है और यही सतह हमेशा सूर्य के सामने रहता है। इसका पिछला भाग हमेशा अंधकार में डूबा रहता है जिसे शांति का सागर (Sea of Tranquility) कहते हैं। वहाँ का तापमान बहुत ही कम है। इसका द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का 0·012 भाग है। इसका घनत्व 3·4 ग्राम प्रति घन सेमी० है। पृथ्वी और चन्द्रमा एक ही प्रकार की चट्टानों से बने हैं। इसी से अनुमान लगाया जाता है कि चन्द्रमा की उत्पत्ति पृथ्वी के ही एक भाग के टूट जाने से हुई है। कहा जाता है कि प्रशांत महासागर का गड्ढा चन्द्रमा के पृथ्वी से टूटकर अलग हो जाने से बना है। चन्द्रमा पर प्राप्त चट्टानों से बनी मिट्टी का रंग नारंगी है। चन्द्रमा पर जल नहीं है। चन्द्रमा पर जलरहित क्षेत्र (waterless area) को तूफान का महासागर (Ocean of Storms) कहा जाता है। चन्द्रमा का धरातल ऊबड़-खाबड़ है। धरातल पर कहीं ऊँचे-ऊँचे पहाड़ हैं तो कहीं सपाट मैदान हैं तो कहीं गहरे--गहरे गड्ढे हैं। चन्द्रमा पर सबसे ऊँचा स्थान लिबनिट्ज पर्वत (Libnitz mountain) है जो चन्द्रमा के दक्षिणी ध्रुव पर स्थित है और 35,000 फीट ऊँचा है। उल्कापात या ज्वालामुखी विस्फोट के कारण चन्द्रमा के तल पर अनेक गड्ढे बन गए हैं। चन्द्रमा में जो धब्बे दिखाई देते हैं वे समुद्र नहीं हैं जैसी कि प्राचीन मान्यता थी बल्कि वे ज्वालामुखी से निकले लावे के बड़े-बड़े मैदान हैं। नंगी आँखों से हम चन्द्रमा का जो भाग देखते हैं उसमें चमकीली और

गहरी पट्टियाँ दिखाई देती हैं। चमकनेवाले भाग पहाड़ों व ऊँचे पठारों का क्षेत्र है, जो सूर्य का प्रकाश पाते हैं। गहरा दिखनेवाले भाग नीची भूमि है जिसको कभी समुद्र समझा गया था और उसी के अनुसार नाम भी दिये गये थे यद्यपि चन्द्रमा पर जल नहीं है। चन्द्रमा पर जहाँ दिन का तापमान 100-130°C होता हैं वहीं रात का तापमान–170°C तक होता है। तापान्तर का इतना होना वायुमंडल की अनुपस्थिति के कारण है।

चन्द्रमा पर वायुमंडल नहीं है क्योंकि इसकी गुरुत्वाकर्षण शक्ति गैसों को बनाये रखने में असमर्थ है। इसलिए चन्द्रमा पर कोई ध्वनि भी नहीं है क्योंकि ध्वनि वायु के माध्यम से संचारित कंपन है। चन्द्रमा से आकाश का रंग काला दिखायी देता है। चन्द्रमा की रोशनी 1.3 सेकण्ड में पृथ्वी पर पहुँचती है।

X. विविध

1. प्रमुख भौतिक राशियाँ एवं उनके मात्रक

भौतिक राशि	मात्रक (S.I.)	भौतिक राशि	मात्रक (S.I.)
लम्बाई	मीटर	द्रव्यमान	किलोग्राम
समय	सेकण्ड	क्षेत्रफल	वर्गमीटर
आयतन	घन मीटर	घनत्व	किग्रा० प्रति घन मी०
वेग	मीटर प्रति सेकण्ड	चाल	मीटर प्रति सेकण्ड
बल	न्यूटन	त्वरण	मीटर प्रति सेकण्ड^2
दाब	पास्कल	कार्य	न्यूटन मीटर या जूल
ऊर्जा	जूल	शक्ति	जूल प्रति से० या वाट
ताप	केल्विन	ऊष्मा	जूल
विशिष्ट ऊष्मा	जूल प्रति किग्रा० · K	विद्युत् धारा	एम्पियर
विद्युत् ऊर्जा	किलोवाट घंटा	विद्युत् प्रतिरोध	ओम
विद्युत् आवेश	कुलम्ब	विद्युत् विभव	वोल्ट
विद्युत् धारिता	फैराड	ध्वनि तीव्रता	डेसीबल
आवृति	हर्ट्ज	तरंगदैर्ध्य	एंगस्ट्रम
परम ताप	केल्विन	समुद्र की गहराई	फैदम
गुप्त ऊष्मा	जूल प्रति किग्रा०	चुंबकीय क्षेत्र	गॉस
ज्योति फ्लक्स	ल्यूमेन	पराध्वनिक गति	मैक
तरंग लम्बाई	मीटर	लेंस की क्षमता	डाइऑप्टर
संवेग	न्यूटन सेकण्ड	पृष्ठ तनाव	न्यूटन प्रति मीटर
विभवांतर	वोल्ट	जड़त्व आघूर्ण	किग्रा० वर्ग मी०
खगोलीय दूरी	प्रकाश वर्ष	श्यानता	न्यूटन सेकण्ड मी०$^{-2}$
चुंबकीय फ्लक्स	वेबर, मेक्सवेल	विद्युत क्षेत्र तीव्रता	न्यूटन प्रति कूलम्ब
ज्योति तीव्रता	कैण्डेला	गुरुत्वीय त्वरण	मीटर प्रति सेकण्ड^2
वायुमंडलीय दाब	बार	चुंबकीय तीव्रता	टेसला
चुंबकीय प्रेरण	गाउस	तलीय कोण	रेडियन
ठोस कोण	स्टेरेडियन	कोणीय वेग	रेडियन प्रति सेकण्ड

2. मात्रकों का एक पद्धति से दूसरी पद्धति में परिवर्तन

एक इंच	2.54 सेमी०	एक फुट	0.30 मीटर
एक गज	0.91 मीटर	एक मील	1.60 किमी०
एक फैदम	1.8 मीटर	एक चेन	20.11 मीटर
एक नॉटिकल मील	1.85 किमी०	एक एंग्स्ट्राम	10^{-10} मीटर
वर्ग इंच	6.45 वर्ग सेमी०	वर्ग फुट	0.09 वर्ग मीटर
वर्ग गज	0.83 वर्ग मीटर	एकड़	10^4 वर्ग मीटर
वर्ग मील	2.58 वर्ग किमी०	घन इंच	16.38 घन सेमी०
घन फुट	0.028 घन मीटर	घन यार्ड	0.76 घन मीटर
एक लीटर	1000 घन सेमी०	एक पिन्ट	0.56 लीटर
एक ग्रेन	64.8 मिग्रा०	एक ड्रम	1.77 ग्राम
एक औंस	28 ग्राम	एक पाउण्ड	0.45 किग्रा०
एक डाइन	10^5 न्यूटन	एक पाउण्डल	0.13 न्यूटन
एक अर्ग	10^7 जूल	एक अश्व शक्ति	746 वाट
एक नॉटिकल मील	6080 फीट	एक फैदम	6 फीट
एक मील	8 फर्लांग	एक मील	5280 फीट
एक फुट	12 इंच	एक गज	3 फीट
37° सेण्टीग्रेड	98.6° फॉरेनहाइट	50° सेण्टीग्रेड	122° फॉरेनहाइट
−40° सेंटीग्रेड	−40° फॉरेनहाइट	32° फॉरेनहाइट	0° सेण्टीग्रेड

3. वैज्ञानिक यंत्र व उपकरण

क्र.सं.	यंत्र/उपकरण	उपयोग
1.	एक्सिलरोमीटर *(Accelerometer)*	वाहन की चाल की वृद्धि दर को मापने का यंत्र
2.	एक्युमुलेटर *(Accumulator)*	विद्युत् ऊर्जा को संचित करने का यंत्र
3.	एक्टिनोमीटर *(Actinometer)*	सूर्य किरणों की तीव्रता का निर्धारण करने वाला यंत्र
4.	एयरोमीटर *(Aerometer)*	वायु तथा गैसों के भार तथा घनत्व मापने का यंत्र
5.	अल्टीमीटर *(Altimeter)*	विमानों की ऊँचाई मापने हेतु प्रयुक्त यंत्र
6.	आमीटर *(Ammeter)*	विद्युत्-धारा को एम्पियर में मापने हेतु प्रयुक्त यंत्र
7.	एनिमोमीटर *(Anemometer)*	वायु की शक्ति और गति मापने का यंत्र
8.	एपिकायस्कोप *(Apicoiscope)*	अपारदर्शी चित्रों को पर्दे पर दिखाने का काम आने वाला उपकरण
9.	ऑडियोमीटर *(Audiometer)*	ध्वनि की तीव्रता मापने हेतु प्रयुक्त यंत्र
10.	ऑडियोफोन *(Audiophone)*	सुनने में सहायता के लिये कान में लगाया जाने वाला उपकरण
11.	औरिस्कोप *(Auriscope)*	कान के आंतरिक भाग के निरीक्षण के लिए प्रयुक्त यंत्र
12.	एवोमीटर *(Avometer)*	रेडियो में उत्पन्न दोष का पता लगाने का यंत्र
13.	बैरोग्राफ *(Barograph)*	वायुमंडलीय दाब में होने वाले परिवर्तन का ग्राफ अंकित करनेवाला यंत्र
14.	बैरोमीटर *(Barometer)*	वायुमंडलीय दाब मापने वाला यंत्र
15.	बाइनोकुलर्स *(Binoculars)*	वस्तुओं को आवर्द्धित कर दिखाने वाला यंत्र
16.	बोलोमीटर *(Bolometer)*	ऊष्मीय विकिरण मापने का यंत्र

क्र.सं.	यंत्र/उपकरण	उपयोग
17.	कैलीपर्स *(Callipers)*	बेलनाकार वस्तुओं के अंदर तथा बाहर का व्यास मापने का यंत्र
18.	कैलोरीमीटर *(Calorimeter)*	ऊष्मा की मात्रा मापने का यंत्र
19.	कारबुरेटर *(Carburator)*	अन्तःदहन पेट्रोल इंजनों में प्रयुक्त उपकरण
20.	कार्डियोग्राम *(Cardiogram)*	मनुष्य की हृदय गति को मापने का यंत्र
21.	कार्डियोग्राफ *(Cardiograph)*	हृदय की गति को अभिलिखित करने वाला उपकरण
22.	कैथेटोमीटर *(Cathetometer)*	वैज्ञानिक प्रयोगों में ऊँचाई, स्तर आदि मापने वाला उपकरण
23.	कैथोड किरण नली *(Cathode Ray Tube)*	इलेक्ट्रॉन आदि के उत्सर्जन में काम आने वाला नलीनुमा उपकरण
24.	क्रोनोमीटर *(Chronometer)*	पानी के जहाजों में सही समय ज्ञात करने में प्रयुक्त उपकरण
25.	कम्यूटेटर *(Commutator)*	विद्युत् प्रवाह की दिशा को बदलने वाला उपकरण / AC को DC में बदलने वाला उपकरण
26.	कम्पास-बॉक्स *(Compass-Box)*	किसी स्थान पर उत्तर-दक्षिण दिशा को ज्ञात करने का यंत्र
27.	कूलिज नली *(Coolidge Tube)*	एक्स किरणों का उत्पादन करने में प्रयुक्त नलीनुमा उपकरण
28.	क्रेस्कोग्राफ *(Crescograph)*	पौधों की वृद्धि को दर्शाने वाला यंत्र
29.	क्रायोमीटर *(Cryometer)*	0°C एवं उसके आस-पास के कम तापमानों को मापनेवाला तापमापी
30.	साइक्लोट्रान *(Cyclotron)*	अधिक आवेशित कण को त्वरित किया जाने वाला यंत्र
31.	साइटोट्रान *(Cytotron)*	कृत्रिम मौसम उत्पन्न करने के काम में आने वाला उपकरण
32.	डेनियल सेल *(Daniell Cell)*	किसी परिपथ में दिष्टधारा प्रवाह के लिए प्रयुक्त उपकरण
33.	डेनसिटीमीटर *(Densitymeter)*	घनत्व मापने का यंत्र
34.	डायलेसिस मशीन *(Dialysis Machine)*	गुर्दे खराब होने की स्थिति में रक्त-शोधन करने वाला यंत्र
35.	डिक्टाफोन *(Dictaphone)*	अपनी बात तथा आदेश दूसरे व्यक्ति को सुनाने के लिए रिकार्ड करने वाला यंत्र
36.	डाइलेटोमीटर *(Dilatometer)*	किसी वस्तु में उत्पन्न आयतन के परिवर्तन को मापने का यंत्र
37.	डिपसर्किल *(Dip Circle)*	नति-कोण को मापने वाला यंत्र
38.	डायनेमो *(Dynamo)*	यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत् ऊर्जा में बदलने का यंत्र
39.	डायनेमोमीटर *(Dynamometer)*	इंजन द्वारा उत्पन्न की गई शक्ति मापने का यंत्र
40.	इलेक्ट्रिक मोटर *(Electric Motor)*	विद्युत् ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में बदलने में काम आने वाला उपकरण
41.	इलेक्ट्रो इनसिफेलो ग्राफ *(Electro Encephalo Graph–EEG)*	मस्तिष्क विभव मापने के काम आने वाला यंत्र
42.	इलेक्ट्रोमीटर *(Electrometer)*	विभवान्तर मापने का यंत्र

क्र.सं.	यंत्र/उपकरण	उपयोग
43.	इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोप *(Electron Microscope)*	अतिसूक्ष्म जीवाणुओं को देखने में काम आने वाला उपकरण
44.	इलेक्ट्रोस्कोप *(Electroscope)*	विद्युत् आवेश की उपस्थिति बताने वाला यंत्र
45.	इण्डोस्कोप *(Endoscope)*	मानव शरीर के अंदर के भाग को देखने हेतु प्रयुक्त यंत्र
46.	एपीडायस्कोप *(Epidiascope)*	चित्रों को पर्दे पर प्रक्षेपण के लिए प्रयोग की जाने वाली उपकरण
47.	एस्केलेटर *(Escalator)*	चलती हुई यांत्रिक सीढ़ियाँ
48.	फेदोमीटर *(Fathometer)*	समुद्र की गहराई मापने वाला यंत्र
49.	फाइर-इक्सटिंग्विशर *(Fire-Extinguisher)*	अग्निशामक—आग बुझाने वाला यंत्र
50.	फ्लक्समीटर *(Fluxmeter)*	मैग्नेटिक फ्लक्स मापने वाला उपकरण
51.	गैल्वेनोमीटर *(Galvanometer)*	विद्युत् धारा की प्रबलता मापने का यंत्र
52.	गैनोंग श्वसनमापी *(Ganong Respiratometer)*	श्वसन गुणांक का मापन करने वाला यंत्र
53.	गाइगर-मुलर (जी० एम०) काउन्टर *(Geiger-Muller (G.M.) Counter)*	रेडियोसक्रिय स्रोत के विकिरण की गणना करने वाला यंत्र
54.	ग्रामोफोन *(Gramophone)*	रिकार्ड पर अंकित ध्वनि तरंगों को पुनः जागृत करके सुनने वाला यंत्र
55.	ग्रेवोमीटर *(Gravimeter)*	पानी के अंदर तेल की उपस्थिति का पता लगाने वाला यंत्र
56.	गाइरोस्कोप *(Gyroscope)*	घूमती हुई वस्तु की गति ज्ञात करने वाला यंत्र
57.	हर्ट लंग मशीन *(Heart Lung Machine)*	हृदय और फेफड़ों का ऑपरेशन करते समय काम आने वाला उपकरण
58.	हाइड्रोमीटर *(Hydrometer)*	द्रवों का आपेक्षिक घनत्व मापने वाला यंत्र
59.	हाइड्रोफोन *(Hydrophone)*	पानी के अंदर ध्वनि तरंगों की गणना करने में काम आने वाला उपकरण
60.	हाइग्रोमीटर *(Hygrometer)*	वायुमंडलीय आर्द्रता मापने का यंत्र
61.	हाइग्रोस्कोप *(Hygroscope)*	वायुमंडलीय आर्द्रता में परिवर्तन दिखाने वाला यंत्र
62.	इनक्युबेटर *(Incubator)*	एक पारदर्शी पात्र जिसमें अनुकूल स्थिति बनाकर उसमें समय-पूर्व जन्मे बच्चे को रखा जाता है
63.	जैक *(Jack)*	भारी चीजों (जैसे कार, ट्रक आदि) को एक छोटी दूरी से ऊपर उठाने में काम आने वाला सुवाह्य (portable) उपकरण
64.	कैलिडोस्कोप *(Kaleidoscope)*	भिन्न-भिन्न प्रकार की रेखागणितीय आकृतियों को देखने के काम आने वाला उपकरण
65.	काइमोग्राफ *(Kymograph)*	हृदय और फेफड़ों की गति स्पंदन का ग्राफ अंकित करने वाला उपकरण
66.	लैक्टोमीटर *(Lactometer)*	दूध की शुद्धता मापने वाला यंत्र
67.	लाइट्निंग-कनडक्टर *(Lighting Conductor)*	तड़ित-चालक—तड़ित झंझाओं से बचाव के लिये ऊँची-ऊँची इमारतों में लगाया जाने वाला उपकरण
68.	लाउडस्पीकर *(Loudspeaker)*	धीमी आवाज को तीव्र आवाज में परिवर्तित करने वाला उपकरण

क्र.सं.	यंत्र/उपकरण	उपयोग
69.	मैकमीटर *(Machmeter)*	वायुयान की चाल को ध्वनि की चाल के पदों में मापने वाला यंत्र
70.	मैग्नेटोमीटर *(Magnetometer)*	चुम्बकीय संचलन एवं क्षेत्रों की तुलना करने वाला उपकरण
71.	मैनोमीटर *(Manometer)*	गैसों का दाब मापने का यंत्र
72.	मेगाफोन *(Megaphone)*	ध्वनि को दूरस्थ स्थानों पर ले जाने वाला उपकरण
73.	माइक्रोमीटर *(Micrometer)*	मिलीमीटर के हजारवें भाग को ज्ञात करने वाला उपकरण
74.	माइक्रोफोन *(Microphone)*	ध्वनि तरंगों को विद्युत् तरंगों में परिवर्तित करने वाला उपकरण
75.	माइक्रोस्कोप *(Microscope)*	सूक्ष्म-वस्तुओं को आवर्द्धित रूप में देखने का यंत्र
76.	माइक्रोटोम *(Microtome)*	किसी वस्तु को बहुत छोटे-छोटे टुकड़ों में काटने के काम आने वाला उपकरण
77.	नेफेटोमीटर *(Naphetometer)*	तरल में लटकाये गये कणों के द्वारा होने वाले प्रकाश के प्रकीर्णन को मापने वाला उपकरण
78.	ओडोमीटर *(Odometer)*	वाहनों के पहियों द्वारा तय की गई दूरी को मापने वाला यंत्र
79.	ओममीटर *(Ohmmeter)*	विद्युत् प्रतिरोध को मापने वाला यंत्र
80.	ओण्डोमीटर *(Ondometer)*	विद्युत्-चुम्बकीय तरंगों की आवृति की मापने का यंत्र
81.	ओसिलोग्राफ *(Oscillograph)*	विद्युतीय और यांत्रिक कम्पनों को ग्राफ पर चित्रित करने वाला उपकरण
82.	पैराशूट *(Parachute)*	आपातकाल में उड़ते हुए वायुयानों से सुरक्षापूर्वक धरती पर उतरने के काम आने वाला उपकरण
83.	पेरिस्कोप *(Periscope)*	ऐसी वस्तुओं को देखने का यंत्र जो देखने की सीमा से दूर है और जिनका प्रत्यक्ष दृश्य नहीं है।
84.	फोनोग्राफ *(Phonograph)*	ध्वनि लेखन के काम आने वाला उपकरण
85.	फोनोमीटर *(Phonometer)*	प्रकाश की चमक शक्ति ज्ञात करने का यंत्र
86.	फोटोमीटर *(Photometer)*	दो स्रोतों की प्रदीपन एवं तीव्रता की तुलना करने के काम आने वाला उपकरण
87.	फोटोग्राफिक कैमरा *(Photographic Camera)*	किसी वस्तु का फोटो लेने वाला उपकरण
88.	फोटोटेलिग्राफ *(Phototelegraph)*	फोटोग्राफ को एक स्थान से दूसरे स्थान पर पहुँचाने वाला उपकरण
89.	पीपेट *(Pipette)*	द्रव का निश्चित आयतन मापने वाली कांच की एक पतली नली जैसा यंत्र
90.	पोलीग्राफ *(Polygraph)*	झूठ का पता लगाने वाला यंत्र
91.	पोटेन्शियोमीटर *(Potentiometer)*	विद्युत् परिपथ में दो बिन्दुओं के बीच विभवान्तर मापने का यंत्र
92.	पोटोमीटर *(Potometer)*	पौधों में वाष्पोत्सर्जन दर को मापने वाला यंत्र
93.	पाइक्नोमीटर *(Pyknometer)*	द्रवों के घनत्व तथा प्रसार गुणांक का मापन करने वाला यंत्र
94.	पाइरोमीटर *(Pyrometer)*	उच्च ताप मापने वाला यंत्र

क्र.सं.	यंत्र/उपकरण	उपयोग
95.	क्वाड्रैण्ट (*Quadrant*)	नौचालन तथा खगोल विज्ञान में ऊँचाई और कोणों को मापने वाला यंत्र
96.	राडार (*Radar*)	दूर से आने वाले वायुयान की गति और दिशा ज्ञात करने वाला यंत्र
97.	रेडियेटर (*Radiator*)	मोटरगाड़ी के इंजन को ठंडा रखने का यंत्र
98.	रेडियोमीटर (*Radiometer*)	विकिरण को मापने वाला यंत्र
99.	रेडियो माइक्रोमीटर (*Radio micrometer*)	ऊष्मीय विकिरण को मापने का यंत्र
100.	रेन-गेज (*Rain-Gauge*)	वर्षा की मात्रा ज्ञात करने वाला यंत्र
101.	रिफ्रैक्ट्रोमीटर (*Refractometer*)	पारदर्शक माध्यमों का अपवर्तनांक ज्ञात करने वाला उपकरण
102.	रेफ्रिजरेटर (*Refrigerator*)	किसी कक्ष के ताप को नियंत्रित रखने वाला उपकरण
103.	सेक्रोमीटर (*Saccharometer*)	शर्करा की सांद्रता मापने वाला यंत्र
104.	सेफ्टी लैम्प (*Safety Lamp*)	प्रकाश के लिए खानों में उपयोग होने वाला उपकरण, खानों में दुर्घटना रोकने हेतु उपयोग में लाया जाने वाला यंत्र
105.	स्क्रू-गेज (*Screw-gauge*)	महीन तारों का व्यास मापने वाला यंत्र
106.	सिस्मोग्राफ (*Seismograph*)	भूकम्पीय तीव्रता मापने वाला यंत्र
107.	सिस्मोमीटर (*Seismometer*)	भूकम्पीय तरंगों की तीव्रता मापने वाला यंत्र
108.	सेक्सटेंट (*Sextant*)	किसी ऊँचाई को नापने के काम आने वाला यंत्र
109.	स्पेक्ट्रोस्कोप (*Spectroscope*)	स्पेक्ट्रम का विश्लेषण करने वाला यंत्र
110.	स्पीडोमीटर (*Speedometer*)	मोटर-गाड़ियाँ की गति मापने वाला यंत्र
111.	स्फेरोमीटर (*Spherometer*)	किसी सतह की वक्रता मापने का यंत्र
112.	स्फिग्मोमैनोमीटर (*Sphygmomanometer*)	धमनियों में रूधिर के दाब को मापने का उपकरण
113.	स्फिग्मोफोन (*Sphygmophone*)	नाड़ी धड़कन को तेज ध्वनि में सुनने हेतु प्रयुक्त यंत्र
114.	स्फिग्मोस्कोप (*Sphygmoscope*)	नाड़ियों की गति के कम्पन का अध्ययन करने वाला उपकरण
115.	स्टीरियोस्कोप (*Stereoscope*)	द्विविम चित्र लेने के काम आने वाला यंत्र
116.	स्टेथोस्कोप (*Stethoscope*)	हृदय तथा फेफड़ों की आवाज सुनने का यंत्र
117.	स्टॉप-वॉच (*Stop-watch*)	समय की सही अवधि बताने वाला यंत्र
118.	स्ट्रोबोस्कोप (*Stroboscope*)	आवर्तिक गति से घूमने वाली वस्तुओं की चाल ज्ञात करने का उपकरण
119.	सबमेरीन (*Submarine*)	समुद्र की सतह पर होने वाली हलचलों को ज्ञात करने के लिए पानी के अंदर चलने वाला जलयान
120.	टैकियोमीटर (*Tacheometer*)	सर्वेक्षण के समय दूरी, उन्नयन आदि मापने वाला थियोडोलाइट जैसा यंत्र
121.	टैकोमीटर (*Tachometer*)	वायुयान की गति मापने वाला यंत्र

क्र.सं.	यंत्र/उपकरण	उपयोग
122.	टैक्सीमीटर *(Taximeter)*	टैक्सियों में किराया प्रदर्शित करने का यंत्र
123.	टेलेक्स *(Telex)*	दो देशों के मध्य समाचारों का सीधा आदान-प्रदान करने में सहायक उपकरण
124.	टेलिमीटर *(Telemeter)*	दूर में होने वाली भौतिक घटनाओं को रिकार्ड करने वाला यंत्र
125.,	टेलिप्रिंटर *(Teleprinter)*	दूर से टेलीग्राफिक संदेशों को स्वयं ग्रहण करके टंकण करने वाला यंत्र
126.	टेलिस्कोप *(Telescope)*	दूरस्थ चीजों को नजदीक देखने वाला यंत्र
127.	थियोडोलाइट *(Theodolite)*	अनुप्रस्थ तथा लम्बवत् कोणों की माप ज्ञात करने के काम आने वाला उपकरण
128.	थर्मामीटर *(Thermometer)*	मानव शरीर का तापमान मापने का यंत्र
129.	थर्मोपाइल *(Thermopile)*	विकिरण तीव्रता मापने का यंत्र
130.	थर्मोस्टेट *(Thermostat)*	स्थिर तापमान को संचालित रखने वाला यंत्र
131.	ट्रांसफार्मर *(Transformer)*	AC विद्युत् की वोल्टेज को कम या अधिक करने वाला यंत्र
132.	ट्रांजिस्टर *Transistor)*	करेंट का विस्तार करके अन्य कार्य कराने में सहायता करने वाला यंत्र
133.	टरबाइन *(Turbine)*	वह यंत्र जिसके द्वारा किसी बहते हुए द्रव (जैसे हवा, पानी) की गतिज ऊर्जा का घूर्णन ऊर्जा में परिवर्तित करके यांत्रिक कार्य प्राप्त किया जाता है।
134.	यूडोमीटर *(Udometer)*	वर्षामापक यंत्र
135.	अल्ट्रासोनोस्कोप *(Ultrasonoscope)*	मस्तिष्क की ट्यूमर का पता लगाने एवं हृदय के दोषों को ज्ञात करने वाला यंत्र
136.	वेक्युम-क्लीनर *(Vaccume-Cleaner)*	धूल साफ करने वाला उपकरण
137.	वान डी ग्राफ जेनरेटर *(Van De Graaff Generator)*	उच्च विभवान्तर पैदा करने वाला उपकरण
138.	वेन्चुरीमीटर *(Venturimeter)*	द्रवों के प्रवाह की गति मापने का यंत्र
139.	वीडियोफोन *(Videophone)*	ऐसा टेलीफोन जिसमें आवाज के साथ-साथ फोटो भी आता है।
140.	विस्कोमीटर *(Viscometer)*	द्रवों की श्यानता ज्ञात करने के काम आने वाला उपकरण
141.	वोल्टमीटर *(Voltmeter)*	दो बिन्दुओं के आवेश भिन्नता को मापने वाला यंत्र
142.	वाटमीटर *(Wattmeter)*	विद्युत् शक्ति मापने का यंत्र
143.	वेवमीटर *(Wavemeter)*	किसी रेडियों तरंग की तरंगदैर्घ्य मापने वाला यंत्र
144.	जिराक्स मशीन *(Xerox Machine)*	फोटो स्टेट करने वाली मशीन
145.	एक्स-रे मशीन *(X-Ray Machine)*	मानव शरीर के आंतरिक भागों का छायांकन करने वाली मशीन
146.	जाइलोफोन *(Xylophone)*	संगीत का एक वाद्य यंत्र
147.	यॉमीटर *(Yawmeter)*	वायुयान आदि में प्रयुक्त उपकरण जो वायु की दिशा में परिवर्तन के बारे में बताता है
148.	जिन्कोग्राफ *(Zincograph)*	जस्ता पर मुद्रण करने वाला उपकरण

4. यंत्र संबंधी आविष्कार

यंत्र	आविष्कार	यंत्र	आविष्कार
टेलीविजन	जे० एल० बेयर्ड	थर्मस फ्लास्क	डीवार
बैरोमीटर	टोरिसेली	रेल इंजन	जॉर्ज स्टीफेंसन
वायुयान	राइट बंधु	स्टीम बोट	फ्रैंक ह्वीटल
टेलीफोन	ग्राहम बेल	तड़ित चालक	फ्रैंकलिन
मोटरकार	ऑस्टिन	लैंस कैमरा	जींस
ग्रामोफोन	एडिसन	टायर	डनलप
वाष्प टरबाइन	पारसन्स	दूरबीन	गैलीलियो
डॉक्टरी थर्मामीटर	फॉरेनहाइट	रिवाल्वर	कोल्ट
सिलाई मशीन	इलियासहवो	मिलिटरी टैंक	स्विंगटन
फाउन्टन पेन	वाटरमैन	डायलीसिस मशीन	कोल्फ
गाइरोस्कोप	फोकोल्ट	फोटोमीटर	एडवर्ड चार्ल्स पिकरिंग
ट्रांसफॉर्मर	फैराडे	कैलकुलेटर	पास्कल
टेपरिकार्डर	पाउलसन	होलोग्राफी	डेनिश गोबर
क्रेस्कोग्राफ	जे० सी० बोस	टेलीग्राफ	मोर्स
भाप इंजन	जेम्स वाट	बेतार टेलीग्राफी	मार्कोनी
डायनेमो	माइकल फैराडे	विद्युत् बल्ब	एडीसन
हेलीकॉप्टर	ब्रेकेट	स्पेक्ट्रमदर्शी	बुन्सेन
गैस इंजन	डायमलर	ट्रांजिस्टर	शाकले
साइक्लोट्रॉन	लॉरेन्स	रडार	आर० डब्ल्यू० वाट
रेडियो	मार्कोनी	पनडुब्बी	बुशवेल
डीजल इंजन	रूडोल्फ डीजल	साइकिल	मैकमिलन
टाइप मशीन	शोल्ज	सेफ्टी रेजर	जिलेट
छपाई मशीन	कैक्सटन	पैराशूट	ए० जी० गार्नरिन
ग्लाइडर	सर जॉर्ज फेयली	मुद्रण कला	गुटेनबर्ग
जेट-इंजन	फ्रैंक ह्वीटल	बॉलपेन	जॉन जे० वोन्ड
माइक्रोमीटर	विलियम गैस कोजीन	बिजली का पंखा	ह्वीलर
स्कूटर	जी० ब्राडशा	माइक्रोस्कोप	जेनसन एण्ड जेनसन
रेफ्रिजरेटर	हैरीसन एवं कैटलीन	पेट्रोल चालित कार	कार्ल बेन्ज
लिफ्ट	एफ० जी० ओटिस	मशीनगन	जेम्स पकल
पावरलूम	कार्टराइट	सेफ्टीपिन	वाल्टर हंट
आर्क लैम्प	डेवी	एयरकण्डीशनर	विल्स हैवीलैंड कैरियर
क्रोनोमीटर	जॉन हैरिसन	सिस्मोमीटर	रॉबर्ट मैलेट
परमाणु भट्टी	एनरिको फर्मी	सेक्सटेंट	कॉमपेल
हार्ट लंग मशीन	डेनिश मेलरोज	गाइगर मूलर काउंटर	गाइगर
एयर ब्रेक	जॉर्ज वेस्टिंगहाउस	थर्मियोनिक डायोड	जे० ए० फ्लेमिंग
थर्मियोनिक ट्रायोड	ली० डी० फॉरेस्ट	ई-मेल	रे टॉमलिंसन

5. भौतिकी से संबंधित खोज / आविष्कार

खोज / आविष्कार	खोजकर्ता / आविष्कारक
गति विषयक नियम	न्यूटन
दाब का नियम	पास्कल
सापेक्षता का सिद्धांत	आइन्सटीन
गुरुत्वाकर्षण का नियम	न्यूटन
प्लवन का सिद्धांत	आर्किमिडीज

खोज / आविष्कार	खोजकर्ता / आविष्कारक
विद्युत्-धारा का तापीय प्रभाव	जूल
विद्युत् प्रतिरोध का नियम	ओम
विद्युत् आकर्षण का नियम	कूलॉम
विद्युत् ऊष्मा प्रभाव	जूल
धारा विद्युत्	एलेक्जेण्ड्रो वोल्टा
विद्युतीय तरंग	हेनरिक हर्ट्ज
विद्युत् बैटरी	एलेक्जेण्ड्रा वोल्टा
स्थिर विद्युत्	थेल्स
विद्युत् आवेश	बेंजामिन फ्रैंकलिन
प्रकाश की गति	फीजो
प्रकाश के अपवर्तन का नियम	स्नेल
प्रकाश का कणिका सिद्धांत	न्यूटन
प्रकाश का तरंग सिद्धांत	हाइजीन्स
प्रकाश का व्यतिकरण	थॉमस यंग
प्रकाश की द्रवों में चाल	फोकाल्ट
परमाणु का कृत्रिम विखण्डन	फर्मी
प्रेरक कुण्डली	रूमकार्फ
लॉगेरिथ्म	जॉन नेपियर
नाभिकीय विखण्डन	ऑटोहॉन एवं स्ट्रॉसमैन
आधुनिक एक्स किरण नली	कुलिज
डायोड वाल्व	सर जे० ए० फ्लेमिंग
ट्रायोड वाल्व	ली० डी० फॉरेस्ट
डायनामाइट	अल्फ्रेड नोबेल
लेसर किरण	टी० एच० मेमन
मेसर किरण	गोरडन, गीगर एवं टाउन्स
अतिचालकता	केमरलिंघ ओन्स
अभ्रकोष्ठ	सी० आर० टी० विल्सन
न्यूट्रिनो	पाऊली
फोटॉन	आइन्स्टीन
कॉम्पटन प्रभाव	कॉम्पटन
किरचौफ का नियम	किरचौफ
सेल्सियस पैमाना	सेल्सियस
फारेनहाइट पैमाना	फारेनहाइट
ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक	जूल
शीतलन का नियम	न्यूटन

6. प्रसिद्ध भौतिक विज्ञानी एवं उनका योगदान

भौतिक विज्ञानी	देश	योगदान
गैलीलियो	इटली	जड़त्व का नियम, गति के समीकरण एवं दूरदर्शी का निर्माण
जी० मार्कोनी	इटली	बेतार संदेश, रेडियो तथा बेतार टेलीग्राफी
एर्निको फर्मी	इटली	कृत्रिम रेडियोसक्रिय तत्वों की पहचान, परमाणु भट्ठी का निर्माण
न्यूटन	इंग्लैंड	सार्वत्रिक गुरूत्वाकर्षण का नियम, गति के नियम, परावर्तक दूरदर्शी, अवकलन गणित का आविष्कार, द्विपद प्रमेय का नियम
जे० जे० थॉमसन	इंग्लैंड	इलेक्ट्रॉन की खोज
जैम्स चैडविक	इंग्लैंड	न्यूट्रॉन की खोज

भौतिक विज्ञानी	देश	योगदान
फैराडे	इंग्लैंड	विद्युत् चुम्बकीय प्रेरण के नियम, विद्युत् अपघटन के नियम एवं डायनेमो का आविष्कार
जॉन डाल्टन	इंग्लैंड	परमाणु सिद्धांत का प्रतिपादन
डा० डेनिश गोबर	इंग्लैंड	त्रिविमीय फोटोग्राफी की खोज
हेनरी केवेन्डिश	इंग्लैंड	पृथ्वी के घनत्व का परिकलन
हम्फ्री डेवी	इंग्लैंड	सैफ्टी लैम्प का आविष्कार
रॉबर्ट वाटसन वाट	इंग्लैंड	रडार का आविष्कार
रॉन्टजन	जर्मनी	X-किरणों का आविष्कार
आइन्स्टीन	जर्मनी	आपेक्षिकता का विशिष्ट एवं व्यापक सिद्धांत, प्रकाश-विद्युत प्रभाव की व्याख्या, द्रव्यमान और ऊर्जा की तुल्यता ($E = mc^2$), फोटॉन की खोज, द्रव्यमान क्षति का पता
हाइजेनबर्ग	जर्मनी	अनिश्चितता का सिद्धांत एवं क्वाण्टम यांत्रिकी का निर्माण
जोहानास केपलर	जर्मनी	ग्रहों की गति से संबंधित नियम
प्रो० जॉन बारडीन		अतिचालकता का सिद्धांत
मैक्स प्लांक	जर्मनी	क्वाण्टम सिद्धांत का प्रतिपादन
जे. गबर्ट ऑपिन हीमर	अमेरिका	परमाणु बम का निर्माण (1945 ई.)
एच०ए० बैथे	अमेरिका	तारों में ऊर्जा उत्पादन की व्याख्या
आर०पी० फाइनमेन	अमेरिका	क्वाण्टम विद्युत् गतिकी में शोध कार्य
थॉमस एल्वा एडीसन	अमेरिका	फानोग्राफ, विद्युत् बल्ब, चलचित्र टेलीग्राफ आदि का आविष्कार, तापायनिक उत्सर्जन की खोज
डॉ० एडवर्ड टेलर	अमेरिका	हाइड्रोजन बम का निर्माण (1952 ई.)
मिलिकॉन	अमेरिका	इलेक्ट्रॉन आवेश का निर्धारण
हेनरी बेक्वेरल	फ्रांस	रेडियोसक्रियता की खोज
डी० ब्रॉग्ली	फ्रांस	द्रव्य तरंगों की भविष्यवाणी एवं द्रव्य की द्वैती प्रकृति
मैक्सवेल	स्कौटलैंड	प्रकाश का विद्युत्-चुम्बकीय सिद्धांत, गैस के अणुओं का वेग वितरण नियम
नील बोर	डेनमार्क	हाइड्रोजन परमाणु की संरचना और विकिरण का क्वाण्टम सिद्धांत
ए० सलाम	पाकिस्तान	विद्युत् चुम्बकीय तथा क्षीण बलों का एकीकरण
आर्किमिडीज	यूनान	द्रवों के उत्प्लावन संबंधी नियमों का प्रतिपादन, लीवर का सिद्धांत, आर्किमिडियन स्क्रू का निर्माण, विशिष्ट गुरूत्व की खोज
कॉपरनिकस	पोलैण्ड	सौर मंडल की खोज, सूर्यकेंद्री सिद्धान्त
डॉ० एच० यूकावा	जापान	मेसॉन नामक कण की खोज
डॉ० के०एम० कृष्णनन	भारत	'रमण प्रभाव' की खोज में डा० सी० वी० रमण के सहयोगी
जे० वी० नार्लीकर	भारत	थ्योरी ऑफ रिलेटीविटी के नवीन सिद्धांत का प्रतिपादन
डॉ० सुब्रह्मण्यम चन्द्रशेखर	भारत	खगोल विज्ञान, प्लाविक भौतिकी, गणितीय धारा भौतिकी एवं सामान्य सापेक्षता सिद्धांत का प्रतिपादन
डॉ० राजा रमन्ना	भारत	भारत के प्रथम परमाणु परीक्षण में महत्त्वपूर्ण योगदान
डॉ० विक्रम साराभाई	भारत	अंतरिक्ष विज्ञान के क्षेत्र में प्रसिद्ध वैज्ञानिक, कॉस्मिक किरणों के अध्ययन पर महत्त्वपूर्ण योगदान
बी० टी० नाग चौधरी	भारत	परमाणु विज्ञान पर महत्त्वपूर्ण शोध कार्य, साइक्लोट्रॉन के आविष्कार में डॉ० लोरेन्स के सहयोगी
प्रो० सतीश धवन	भारत	प्रमुख भारतीय वैज्ञानिक, अंतरिक्ष अनुसंधान के क्षेत्र में महत्त्वपूर्ण योगदान, भारतीय कृत्रिम उपग्रह 'आर्यभट्ट' एवं 'रोहिणी' के प्रक्षेपण में महत्त्वपूर्ण भूमिका

भौतिक विज्ञानी	देश	योगदान
आर्यभट्ट	भारत	5वीं शताब्दी के सुविख्यात गणितज्ञ एवं खगोलशास्त्री, गणित संबंधी कई महत्त्वपूर्ण खोजें
भास्कर प्रथम	भारत	7वीं शताब्दी के सुविख्यात खगोलशास्त्री
भास्कराचार्य द्वितीय	भारत	12वीं शताब्दी के सुविख्यात गणितज्ञ एवं खगोलशास्त्री
श्रीनिवास रामानुजम	भारत	'नम्बर थ्योरी' में महत्त्वपूर्ण योगदान
एस० एन० बोस	भारत	बोसॉन नामक कण की खोज
एच० जे० भाभा	भारत	अंतरिक्ष किरणों की बौछार का सिद्धांत एवं भारत में परमाणु ऊर्जा के जनक
एम० एन० साहा	भारत	तापीय आयनीकरण का सिद्धांत
सी० वी० रमण	भारत	प्रकाश के प्रकीर्णन से संबंधित रमण प्रभाव, क्रिस्टल की संरचना पर अध्ययन एवं खोज
जे० सी० बोस	भारत	बेतार संदेश, पौधों में चेतना की खोज, क्रेस्कोग्राफ का आविष्कार

वस्तुनिष्ट प्रश्न

1. कार्य का मात्रक है—
(a) जूल (b) न्यूटन (c) वाट (d) डाइन
[RRB TC, 2005]

2. प्रकाश वर्ष इकाई है—
(a) दूरी की (b) समय की (c) प्रकाश तीव्रता की (d) द्रव्यमान की
[RRB TC,2005, Polytechnic, 2007, MPPSC 2009]

3. ऐम्पियर मात्रक है—
(a) प्रकाश तीव्रता का (b) विद्युत् आवेश का (c) विद्युत् धारा का (d) चुम्बकीय क्षेत्र का
[RRB ASM/GG, 2005]

4. निम्नलिखित में से समय का मात्रक नहीं है—
(a) अधि वर्ष (b) चन्द्र माह (c) प्रकाश वर्ष (d) इनमें से कोई नहीं
[RRB CC, 2003]

5. पारसेक *(Parsec)* इकाई है—
(a) दूरी की (b) समय की
(c) प्रकाश की चमक की (d) चुम्बकीय बल की *[UPPCS, 1997]*

6. निम्नलिखित में से कौन-सा एक सुमेलित नहीं है ?
(a) डेसिबल—ध्वनि की प्रबलता की इकाई
(b) अश्व शक्ति—शक्ति की इकाई
(c) समुद्री मील—दूरी की इकाई
(d) सेल्सियस—ऊष्मा की इकाई
[UPPCS, 2001]

7. ल्यूमेन *(Lumen)* किसका मात्रक है ?
(a) ज्योति तीव्रता का (b) ज्योति फ्लक्स का (c) a एवं b दोनों का (d) इनमें से कोई नहीं
[RRB ASM/GG, 2004]

8. दाब का मात्रक है—
(a) पास्कल (b) डाइन (c) अर्ग (d) जूल
[RRB ASM/GG, 2003]

9. केन्डिला मात्रक है—
(a) ज्योति फ्लक्स (b) ज्योति प्रभाव (c) ज्योति दाब (d) ज्योति तीव्रता
[RRB ASM/GG, 2004]

10. यंग प्रत्यास्थता गुणांक का S.I. मात्रक है—

(a) डाइन/सेमी० (b) न्यूटन/मी० (c) न्यूटन/मी०^2 (d) मी०^2/से०

[RRB TC, 2005]

11. निम्नलिखित युग्मों में से किन भौतिक राशियों के समान विमीय सूत्र नहीं हैं?

(a) बल एवं दाब (b) कार्य एवं ऊर्जा (c) आवेग एवं संवेग (d) भार एवं बल

[RRB TC, 2002]

12. अदिश राशि है—

(a) ऊर्जा (b) बल आघूर्ण (c) संवेग (d) उपर्युक्त सभी

[RRB 2002]

13. निम्नलिखित में सदिश राशि है—

(a) वेग (b) द्रव्यमान (c) समय (d) लम्बाई

[RRB ASM/GG, 2004]

14. पदार्थ के संवेग और वेग के अनुपात से कौन-सी भौतिक राशि प्राप्त की जाती है?

(a) वेग (b) त्वरण (c) द्रव्यमान (d) बल [BPSC, 2002]

15. शून्य में स्वतंत्र रूप से गिरने वाली वस्तुओं की/का—

(a) समान गति होती है (b) समान वेग होता है

(c) समान त्वरण होता है (d) समान बल होता है

[RRB TC/CC,2002]

16. जब 2 kg वाले द्रव्यमान पर 5 N का बल लगाया जाता है, तो उत्पन्न होने वाला त्वरण होगा—

(a) $2{\cdot}5\ m/s^2$ (b) $2{\cdot}5\ m/s$ (c) $25\ m/s$ (d) $25\ m/s^2$

17. "किसी भी स्थिर या गतिशील वस्तु की स्थिति और दिशा में तब तक कोई परिवर्तन नहीं होता जब तक उस पर कोई बाह्य बल सक्रिय न हो।" यह है—

(a) न्यूटन का गति विषयक प्रथम नियम (b) न्यूटन का गति विषयक द्वितीय नियम

(c) न्यूटन का गति विषयक तृतीय नियम (d) गैलीलियो का गति विषयक नियम

[RRB TC/CC, 2002]

18. रॉकेट .... के सिद्धान्त पर कार्य करता है।

(a) ऊर्जा संरक्षण (b) बर्नोली प्रमेय (c) एवेगाड्रो परिकल्पना (d) संवेग संरक्षण

[RRB 2003]

19. अश्व यदि एकाएक चलना प्रारम्भ कर दे तो अश्वारोही के गिरने की आशंका का कारण है—

(a) जड़त्व आघूर्ण (b) द्रव्यमान का संरक्षण नियम

(c) विश्राम जड़त्व (d) गति का तीसरा नियम [RRB 2002]

20. चलती हुई बस जब अचानक ब्रेक लगाती है तो उसमें बैठे हुए यात्री आगे की दिशा में गिरते हैं। इसको किसके द्वारा समझाया जा सकता है?

(a) सापेक्षता सिद्धांत (b) न्यूटन का पहला नियम

(c) न्यूटन का दूसरा नियम (d) न्यूटन का तीसरा नियम [NDA, 2011]

21. बल का गुणनफल है—

(a) द्रव्यमान और वेग का (b) द्रव्यमान और त्वरण का

(c) भार और वेग का (d) भार और त्वरण का [BPSC, 2002]

22. शरीर का वजन—

(a) पृथ्वी की सतह पर सभी जगह एक समान होता है।

(b) ध्रुवों पर अधिकतम होता है।

(c) विषुवत् रेखा पर अधिकतम होता है।

(d) मैदानों की तुलना में पहाड़ियों पर अधिक होता है।

[RRB C.C., 2006]

23. किसी मनुष्य का भार पृथ्वी पर यदि 600 N है तब चन्द्रमा पर उसका भार कितना होगा ?
(a) 6000 N (b) 60 N (c) 1000 N (d) 100 N
[Metro Rail 2002]

24. पृथ्वी की सतह पर किसी का भार 29·4 न्यूटन है, उसका द्रव्यमान कितना है ?
(a) 2 किग्रा० (b) 3 किग्रा० (c) 4 किग्रा० (d) 29.4 किग्रा०
[RRB TC 2004]

25. एक अंतरिक्ष यात्री पृथ्वी तल की तुलना में चन्द्र तल पर अधिक ऊंची छलांग लगा सकता है, क्योंकि—
(a) वह चन्द्रमा पर भारहीन होता है। (b) चन्द्रमा पर कोई वातावरण नहीं है।
(c) चन्द्र तल पर गुरुत्वाकर्षण बल पृथ्वी तल की तुलना में अत्यल्प है।
(d) चन्द्रमा पृथ्वी से छोटा है।
[RRB CC 2003]

26. 1 किलोग्राम राशि का वजन है—
(a) 1 N (b) 10 N (c) 9·8 N (d) 9 N
[RRB TC/CC 2002]

27. जड़त्व आघूर्ण व कोणीय त्वरण का गुणनफल होता है—
(a) बल (b) टॉर्क (c) कार्य (d) कोणीय संवेग
[RRB 2002]

28. जल के आयतन में क्या परिवर्तन होगा यदि तापमान 9°C से गिरा कर 3°C कर दिया जाता है ?
(a) आयतन में कोई परिवर्तन नहीं होगा (b) आयतन पहले बढ़ेगा और बाद में घटेगा
(c) आयतन पहले घटेगा और बाद में बढ़ेगा (d) पानी जम जाएगा *[UPPCS, 1997]*

29. एक बीकर में पानी पर बर्फ तैर रही है। जब बर्फ पूर्णतः पिघल जाएगी तो बीकर में पानी का तल—
(a) बढ़ेगा (b) घटेगा
(c) उतना ही रहेगा (d) पहले बढ़ेगा बाद में घटेगा
[RRB ASM/GG, 2004; MPPSC, 2009]

30. जब किसी बोतल में पानी भरा जाता है और उसे जमने दिया जाता है तो बोतल टूट जाती है, क्योंकि—
(a) पानी जमने पर फैलता है। (b) बोतल हिमांक पर सिकुड़ती है।
(c) बोतल के बाहर का तापक्रम अन्दर से ज्यादा होता है।
(d) पानी गर्म करने पर फैलता है।
[UPPCS, 1995]

31. सड़क पर चलने की अपेक्षा बर्फ पर चलना कठिन है, क्योंकि—
(a) बर्फ सड़क से सख्त होती है। (b) सड़क बर्फ से सख्त होती है।
(c) जब हम अपने पैर से धक्का देते हैं तो बर्फ कोई प्रतिक्रिया व्यक्त नहीं करती।
(d) बर्फ में सड़क की अपेक्षा घर्षण कम होता है। *[UPPCS 1994, Polytechnic 2007]*

32. एक नदी में चलता हुआ जहाज समुद्र में आता है तब जहाज—
(a) का स्तर पहले जितना होगा (b) थोड़ा ऊपर आएगा
(c) थोड़ा नीचे आएगा
(d) ऊपर या नीचे होगा जो उसमें पड़े हुए भार पर निर्भर करता है। *[CDS, 2004]*

33. लोहे की कील पारे में क्यों तैरती है, जबकि यह पानी में डूब जाती है ?
(a) लोहे की पारे से रासायनिक क्रिया की प्रवृत्ति पानी की तुलना में कम होने के कारण
(b) लोहे का भार पानी से अधिक है तथा पारे से कम
(c) लोहे का घनत्व पानी से अधिक है तथा पारे से कम
(d) पारा पानी से भारी है।
[UPPCS, 1994]

34. पानी का घनत्व अधिकतम होता है—
(a) 100°C पर (b) 4°C पर (c) 0°C पर (d) –4°C पर
[BPSC, 1998]

35. वस्तु की मात्रा बदलने पर अपरिवर्तित रहेगा—
(a) आयतन (b) भार (c) द्रव्यमान (d) घनत्व
[UPPCS, 1992]

36. समुद्र में प्लवन करते आइसबर्ग का कितना भाग समुद्र की सतह से ऊपर रहता है?
(a) $\frac{1}{9}$ (b) $\frac{1}{10}$ (c) $\frac{1}{6}$ (d) $\frac{1}{4}$
[Utt.PCS, 2005]

37. बर्फ के दो टुकड़ों को आपस में दबाने पर टुकड़े आपस में चिपक जाते हैं, क्योंकि—
(a) दाब अधिक होने से बर्फ का गलनांक घट जाता है।
(b) दाब अधिक होने से बर्फ का गलनांक बढ़ जाता है।
(c) दाब अधिक होने से बर्फ का गलनांक पहले घटता है फिर बढ़ता है।
(d) दाब व गलनांक में कोई सम्बन्ध नहीं है।
[RRB ASM/GG, 2004]

38. हवाई जहाज से यात्रा करते समय पेन से स्याही निकलने लगती है—
(a) वायुदाब में कमी के कारण (b) वायुदाब में वृद्धि के कारण
(c) स्याही के आयतन में वृद्धि के कारण (d) अत्यधिक भार के कारण *[UPPCS, 1992]*

39. ऊंचाई की जगहों पर पानी 100°C के नीचे के तापमान पर क्यों उबलता है?
(a) क्योंकि वायुमण्डलीय दाब कम हो जाता है, अतः उबलने का बिन्दु नीचे आ जाता है।
(b) क्योंकि गुरूत्वाकर्षण कम होता है। (c) पर्वतों पर भारी हवाओं के कारण
(d) उपर्युक्त में से कोई सही नहीं है।
[UPPCS, 1994]

40. साबुन के बुलबुले के अन्दर का दाब—
(a) वायुमण्डलीय दाब से अधिक होता है। (b) वायुमण्डलीय दाब से कम होता है।
(c) वायुमण्डलीय दाब के बराबर होता है। (d) वायुमण्डलीय दाब का आधा होता है।
[UPPCS, 1995]

41. वायुदाबमापी की रीडिंग में अचानक गिरावट इस बात का संकेत है कि मौसम—
(a) स्थिर तथा शांत होगा (b) वर्षायुक्त होगा
(c) ठंडा होगा (d) तूफानी होगा
[UPPCS, 1996]

42. प्रेशर कुकर में खाना जल्दी पकता है, क्योंकि—
(a) अधिक दाब पर पानी कम तापक्रम पर उबलने लगता है
(b) अधिक दाब पर पानी अधिक तापक्रम पर उबलने लगता है
(c) पानी 100°C पर ही उबलता है लेकिन अधिक दाब पर ऊष्मा की मात्रा अधिक होती है
(d) कुकर के अंदर संवहन धारायें उत्पन्न हो जाती हैं
[UPPCS, 2007]

43. हाइड्रोजन से भरा रबड़ का गुब्बारा वायु में ऊपर जाकर फट जाता है, क्योंकि—
(a) हाइड्रोजन का भार बढ़ जाता है। (b) वायुदाब बढ़ जाता हैं।
(c) हाइड्रोजन का दाब घट जाता है। (d) वायुदाब घट जाता है।

44. सूर्य में निरन्तर ऊर्जा का सृजन किस कारण होता रहता है?
(a) नाभिकीय संलयन (b) नाभिकीय विखण्डन
(c) रेडियोसक्रियता (d) कृत्रिम रेडियोसक्रियता
[SSC 2002; Utt. PSC, 2008]

45. चाभी भरी घड़ी में कौन-सी ऊर्जा होती है?
(a) गतिज ऊर्जा (b) स्थितिज ऊर्जा (c) यांत्रिक ऊर्जा (d) संचित ऊर्जा

46. जब हम रबड़ के गद्दे वाले सीट पर बैठते हैं या गद्दे पर लेटते है तो उसका आकार परिवर्तित हो जाता है। ऐसे पदार्थ में पाया जाता है?

(a) गतिज ऊर्जा (b) स्थितिज ऊर्जा (c) संचित ऊर्जा (d) विखण्डन ऊर्जा

47. निम्नलिखित में से किसमें गतिज ऊर्जा नहीं है?

(a) चली हुई गोली (b) बहता हुआ पानी
(c) चलता हथौड़ा (d) खींचा हुआ धनुष *[RRB TC/CC, 2002]*

48. जब एक चल वस्तु की गति दुगुनी हो जाती है तो उसकी गतिज ऊर्जा—

(a) दुगुनी हो जाती है (b) चौगुनी हो जाती है
(c) समान रहती है (d) तीन गुनी बढ़ जाती है
[RRB TC/CC, 2001]

49. निम्नलिखित में से कौन-सा नियम इस कथन को वैध ठहराता है कि द्रव्य का न तो सृजन किया जा सकता है और न ही विनाश?

(a) ऊर्जा संरक्षण का नियम (b) ले शाटेलिए का नियम
(c) द्रव्यमान संरक्षण का नियम (d) परासरण का नियम *[SSC. Grad. 2005]*

50. साइकिल चलाने वाला मोड़ लेते समय क्यों झुकता है?

(a) साइकिल और आदमी की गति समान होनी चाहिए वरना साइकिल फिसल जाएगी।
(b) वह झुकता है ताकि गुरूत्व केन्द्र आधार के अंदर बना रहे, वह उसे गिरने से बचाएगा।
(c) वह झुकता है, ताकि वक्र मार्ग पर चलने के लिए पहियों पर दबाब डाला जा सके।
(d) वह झुकता है, ताकि वक्र को और तेजी से पार कर सके। *[RRB ASM/GG, 2004]*

51. दूध से क्रीम निकालने में कौन-सा बल लगता है?

(a) अपकेन्द्री बल (b) अभिकेन्द्री बल (c) उपकेन्द्री बल (d) बाह्य बल
[RRB TC/CC, 2005]

52. जब एक पत्थर को चांद की सतह से पृथ्वी पर लाया जाता है, तो

(a) इसका द्रव्यमान बदल जाएगा
(b) इसका भार बदल जाएगा, परन्तु द्रव्यमान नहीं
(c) भार और द्रव्यमान दोनों बदल जाएंगे
(d) न द्रव्यमान और न ही भार बदलेगें *[BPSC, 2004; UPPSC (LS), 2008]*

53. किसी लिफ्ट में बैठे हुए व्यक्ति को अपना भार कब अधिक मालूम पड़ता है?

(a) जब लिफ्ट त्वरित गति से नीचे आ रही हो
(b) जब लिफ्ट त्वरित गति से ऊपर जा रही हो
(c) समान वेग से नीचे आ रही हो
(d) समान वेग से ऊपर जा रही हो *[UPPCS, 1990]*

54. एक लिफ्ट में किसी व्यक्ति का प्रत्यक्ष भार वस्तविक भार से कम होता है, जब लिफ्ट जा रही हो—

(a) त्वरण के साथ ऊपर (b) त्वरण के साथ नीचे
(c) समान गति के साथ ऊपर (d) समान गति से नीचे *[RRBTC, 2004]*

55. पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण का कितना भाग चन्द्रमा के गुरुत्वाकर्षण के सबसे नजदीक है?

(a) $\frac{1}{5}$ (b) $\frac{1}{4}$ (c) $\frac{1}{6}$ (d) $\frac{1}{8}$
[RRB ASM/GG, 2005]

56. लोलक की कालावधि *(Time Period)*—

(a) द्रव्यमान के ऊपर निर्भर करता है। (b) लंबाई के ऊपर निर्भर करता है।
(c) समय के ऊपर निर्भर करता है। (d) तापक्रम के ऊपर निर्भर करता है।
[BPSC, 2005]

57. लोलक घड़ियां गर्मियों में क्यों सुस्त हो जाती है ?
(a) गर्मियों के दिन लम्बे होने के कारण
(b) कुण्डली में घर्षण के कारण
(c) लोलक की लम्बाई बढ़ जाती है जिससे इकाई दोलन में लगा हुआ समय बढ़ जाता है
(d) गर्मी में लोलक का भार बढ़ जाता है
[UPPCS, 1994, 2012]

58. किसी सरल लोलक की लम्बाई 4% बढ़ा दी जाए तो उसका आवर्त काल—
(a) 8% बढ़ जाएगा (b) 2% बढ़ जाएगा (c) 4% बढ़ जाएगा (d) इनमें कोई नहीं
[RRB ASM/GG 2004]

59. पार्श्व विकृति तथा अनुदैर्घ्य विकृति के अनुपात को कहते हैं—
(a) प्वासो अनुपात
(b) आयतन प्रत्यास्थता गुणांक
(c) दृढ़ता गुणांक
(d) यंग प्रत्यास्थता गुणांक
[RRB Loco Pilot 2003]

60. वर्षा की बूंद गोलाकार होती है—
(a) सतही तनाव के कारण
(b) वायु के वातावरणीय घर्षण के कारण
(c) गोल पृथ्वी के गुरुत्व के कारण
(d) वर्षा जल की श्यानता के कारण
[RRB GG 2003]

61. तेल दीप की बत्ती में तेल.........के कारण ऊपर उठता है।
(a) दाब अन्तर
(b) केशिका क्रिया
(c) तेल की निम्न श्यानता
(d) गुरुत्वीय बल
[RRB TC, 2005]

62. श्यानता की इकाई है—
(a) प्वाइज (b) पास्कल (c) प्वाइजुली (d) इनमें से कोई नहीं
[RRB ESM, 2003]

63. उत्प्लावकता से संबंधित वैज्ञानिक हैं—
(a) आर्किमिडीज (b) न्यूटन (c) लुई पाश्चर (d) इनमें से सभी
[RRB CC 2005]

64. महान् वैज्ञानिक आर्किमिडीज सम्बन्धित थे—
(a) ब्रिटेन से (b) जर्मनी से (c) सं० रा० अ० से (d) ग्रीस से
[RRB ASM 2002]

65. ध्वनि तरंगों की प्रकृति होती है—
(a) अनुप्रस्थ (b) अनुदैर्घ्य (c) अप्रगामी (d) विद्युत् चुम्बकीय

66. अवश्रव्य तरंगों की आवृति होती है—
(a) 20 Hz से कम
(b) 20 Hz से अधिक
(c) 20,000 Hz से अधिक
(d) 20 Hz से 20,000 Hz

67. पराश्रव्य वे ध्वनियाँ हैं जिनकी आवृत्ति होती है—
(a) 20,000 Hz से अधिक
(b) 10,000 Hz से अधिक
(c) 1,000 Hz से अधिक
(d) इनमें से कोई नहीं
[UPPCS, 2012]

68. ध्वनि तरंगें हैं—
(a) लम्बवत्
(b) तिर्यक (तिरछी)
(c) आंशिक लम्बवत्, आंशिक तिर्यक
(d) कभी-कभी लम्बवत्, कभी-कभी तिर्यक
[RRB TC/CC, 2001]

69. श्रव्य परिसर में ध्वनि तरंगों की आवृत्ति क्या होती है ?
(a) 20 Hz से 20,000 Hz
(b) 0·5 Hz से 5 Hz
(c) 1 Hz से 10 Hz
(d) 20,000 Hz से 40,000 Hz
[RRB ASM/GC, 2005; Polytechnic, 2008]

70. वायु में ध्वनि की चाल 332 मीटर प्रति सेकण्ड होती है। यदि दाब बढ़ाकर दुगुना कर दिया जाए तो ध्वनि की चाल होगी—
(a) 664 मी० / सेकण्ड
(b) 332 मी० / सेकण्ड
(c) 166 मी० / सेकण्ड
(d) 100 मी० / सेकण्ड
[RRB ASM/GG, 2004]

71. ध्वनि की चाल अधिकतम होती है—
(a) वायु में (b) निर्वात् में (c) जल में (d) इस्पात में
[RRB ASM/GG, 2005]

72. वायु में ध्वनि का वेग है लगभग—
(a) 330 मी० / से० (b) 220 मी० / से० (c) 110 मी० / से० (d) 232 मी० / से०
[RRB Loco Pilot 2002]

73. 100 डेसीबल का शोर स्तर निम्न में से किसके संगत होगा ?
(a) ठीक सुनी जा सकने वाली ध्वनि
(b) साधारण वार्तालाप
(c) गली के शोर-गुल की आवाज
(d) किसी मशीन की दूकान से आने वाला शोरगुल
[IAS, 2000]

74. यदि सितार और बांसुरी पर एक ही स्वर बजाया जाये तो उनसे उत्पन्न ध्वनि का भेद निम्नलिखित में अन्तर के कारण किया जा सकता है ?
(a) तारत्व, प्रबलता और गुणता
(b) केवल तारत्व और प्रबलता
(c) केवल ध्वनि प्रबलता
(d) केवल ध्वनि गुणता
[IAS, 1995]

75. एक जेट वायुयान 2 Mach के वेग से हवा में उड़ रहा है। जब ध्वनि का वेग 332 m/s है तो वायुयान की चाल कितनी है ?
(a) 166 m/s (b) 66.4 km/s (c) 3332 m/s (d) 664 m/s
[NDA, 2011]

76. डेसिबल *(Decibel)* इकाई का प्रयोग किया जाता है—
(a) प्रकाश की गति के लिए
(b) ऊष्मा की तीव्रता के लिए
(c) ध्वनि की तीव्रता के लिए
(d) रेडियो तरंग की आवृति के लिए
[SSC 2005]

77. ध्वनि तरंगे किसके कारण प्रतिध्वनि (Echo) उत्पन्न करते हैं ?
(a) अपवर्तन (b) विवर्तन (c) परावर्तन (d) इनमें से कोई नहीं
[RRB Loco Pilot 2002]

78. सोनार *(Sonar)* अधिकांशतः प्रयोग में लाया जाता है—
(a) अन्तरिक्ष यात्रियों द्वारा
(b) डॉक्टरों द्वारा
(c) इन्जीनियरों द्वारा
(d) नौसंचालकों द्वारा
[UPPSC, 2004, CgPSC 2012]

79. किसी ध्वनि स्रोत की आवृति में होने वाले उतार-चढ़ाव को कहते हैं—
(a) रमण प्रभाव
(b) डॉप्लर प्रभाव
(c) क्राम्पटन प्रभाव
(d) प्रकाश-विद्युत् प्रभाव

80. पास आती हुई रेलगाड़ी की सीटी की आवृत्ति या तीक्ष्णता बढ़ती जाती है, ऐसा किस परिघटना के कारण होता है ?
(a) बिग बैंग सिद्धान्त
(b) डॉप्लर प्रभाव
(c) चार्ल्स नियम
(d) आर्किमिडीज का नियम
[RRB ASM/GG, 2005]

81. केल्विन मान से मानव शरीर का सामान्य ताप है—
(a) 280 (b) 290 (c) 300 (d) 310 *[IAS, 1995]*

82. कितना तापमान होने पर पाठ्यांक सेल्सियस और फारेनहाइट तापमापियों में एक ही होंगे?
(a) –40° (b) 212° (c) 40° (d) 100° [IAS, 1993]

83. न्यूनतम सम्भव ताप है—
(a) –273°C (b) 0°C (c) –300°C (d) 1°C
[RRB TC, 2003]

84. किसी मनुष्य के शरीर का सामान्य तापक्रम होता है—
(a) 98°F (b) 98°C (c) 68°F (d) 66°F
[RRB ASM/GG, 2002]

85. एक स्वस्थ मनुष्य के शरीर का ताप होता है—
(a) 37°C (b) 37°F (c) 98·4°C (d) 98·4° K
[Utt. PCS 2005]

86. ठंड के दिनों में लोहे के गुटके और लकड़ी के गुटके को प्रातःकाल में छुएं तो लोहे का गुटका ज्यादा ठंडा लगता है, क्योंकि—
(a) लोहे के गुटके का ताप लकड़ी के गुटके से कम होता है।
(b) लकड़ी की तुलना में लोहा ऊष्मा का अच्छा चालक है।
(c) लकड़ी की तुलना में लोहा ऊष्मा का ख़राब चालक है।
(d) लोहे का गुटका लकड़ी से भारी होता है।
[BPSC, 1996]

87. आण्विक संचलन के द्वारा ऊष्मा का संचरण क्या कहलाता है?
(a) चालन (b) संवहन (c) विकिरण (d) प्रकीर्णन

88. निम्नलिखित द्रवों में कौन-सा ऊष्मा का बहुत अच्छा चालक है?
(a) पारा (b) पानी (c) ईथर (d) बेंजीन
[UPPSC, 2005]

89. शीतकाल में कपड़े हमें गर्म रखते हैं, क्योंकि—
(a) ऊष्मा प्रदान करते हैं।
(b) ऊष्मा का विकिरण नहीं करते हैं।
(c) वायु को शरीर के सम्पर्क में आने से रोकते हैं।
(d) शरीर की ऊष्मा को बाहर जाने से रोकते हैं।
[SSC 2004]

90. ग्रीष्म काल में हमें सफेद वस्त्र धारण करने की सलाह दी जाती है, क्योंकि—
(a) वे भद्र दिखते हैं।
(b) उन्हें दूर से भी देखा जा सकता है।
(c) सफेद वस्त्र ताप का कम अवशोषण करते हैं।
(d) यह एक परम्परा है।
[SSC 2004; UPPSC, 2007]

91. न्यून तापमानों *(Cryogenics)* का अनुप्रयोग होता है—
(a) अन्तरिक्ष यात्रा, शल्य कर्म, एवं चुम्बकीय प्रोत्थापन में
(b) शल्य कर्म, चुम्बकीय प्रोत्थापन एवं दूरमिति में
(c) अन्तरिक्ष यात्रा, शल्य कर्म एवं दूरमिति में
(d) अन्तरिक्ष यात्रा, चुम्बकीय प्रोत्थापन एवं दूरमिति में
[IAS, 1999]

92. तेज हवा वाली रात्रि में ओस नहीं बनती है, क्योंकि—
(a) वाष्पीकरण की दर तेज होती है। (b) हवा में नमी कम होती है।
(c) तापमान ऊंचा रहता है। (d) आकाश साफ नहीं होता है।
[BPSC, 1995]

93. ठोस कपूर से कपूर वाष्प बनाने की प्रक्रिया को कहते हैं—
(a) वाष्पीकरण (b) हिमीकरण (c) पिघलना (d) ऊर्ध्वपातन
[BPSC, 2001]

94. मनुष्य आर्द्रता से परेशानी महसूस करता है। इसका निम्न में से उपयुक्त कारण क्या है?
(a) अधिक पसीना आना
(b) कम पसीना आना
(c) पसीना का आर्द्रता के कारण वाष्पित नहीं होना
(d) उपर्युक्त में कोई नहीं
[UPPCS, 1995]

95. किसी द्रव का उसके क्वथनांक से पूर्व उसके वाष्प में बदलने की प्रक्रिया को क्या कहते हैं?
(a) वाष्पीकरण (b) संघनन (c) हिमीकरण (d) इनमें से कोई नहीं
[RRB CC 2003]

96. पहाड़ों पर पानी निम्नलिखित तापमान पर उबलने लगता है—
(a) 100°C से कम (b) 100°C से अधिक
(c) 100°C (d) इनमें से कोई नहीं
[Metro Rail 2002]

97. भाप से हाथ अधिक जलता है, अपेक्षाकृत उबलते जल से क्योंकि—
(a) भाप में गुप्त ऊष्मा होती है।
(b) भाप शरीर के भीतर घुस जाती है।
(c) भाप में अधिक मारक क्षमता होती है।
(d) भाप हल्की होती है।
[UPPCS, 1993]

98. ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम किस अवधारणा की पुष्टि करता है?
(a) ऊर्जा संरक्षण (b) ताप संरक्षण
(c) कार्य संरक्षण (d) इनमें से कोई नहीं
[RRB CC 2006]

99. प्रकाश तरंग किस प्रकार की तरंग है?
(a) अनुप्रस्थ तरंग (b) अनुदैर्घ्य तरंग
(c) उपर्युक्त दोनों (d) इनमें कोई नहीं
[RRB ASM/GG 2004]

100. प्रकाश विकिरण की प्रकृति होती है—
(a) तरंग के समान (b) कण के समान
(c) तरंग एवं कण दोनों के समान (d) तरंग एवं कण के समान नहीं
[BPSC, 1998]

101. माध्यम के तापमान में वृद्धि के साथ प्रकाश की गति—
(a) बढ़ती है (b) घटती है
(c) वैसी ही रहती है (d) सहसा गिर जाती है
[SSC 2004]

102. प्रकाश की गति है—
(a) 9×10^2 m/s (b) 3×10^{11} m/s
(c) 3×10^8 m/s (d) 2×10^4 m/s
[JPSC, 2003]

103. सूर्यग्रहण होता है, जब—
(a) चन्द्रमा सूर्य और पृथ्वी के बीच आ जाता है।
(b) सूर्य चन्द्रमा और पृथ्वी के बीच आ जाता है।
(c) पृथ्वी चन्द्रमा और सूर्य के बीच आ जाता है।
(d) सूर्य, चन्द्रमा व पृथ्वी एक सीध में नहीं होते हैं।
[UPPCS, 1990]

104. चन्द्रग्रहण घटित होता है—
(a) अमावस्या के दिन (b) पूर्णिमा के दिन
(c) अर्द्धचन्द्र के दिन (d) अमावस्या एवं पूर्णिमा के दिन
[RRB ASM/GG, 2004]

105. उचित रीति से कटे हीरे की असाधारण चमक का आधारभूत कारण यह है कि—
(a) उसमें अति उच्च पारदर्शिता होती है।
(b) उसका अति उच्च अपवर्तन सूचकांक होता है।
(c) वह बहुत कठोर होता है।
(d) उसके सुनिश्चित विदलन तल होते हैं। *[IAS, 1994]*

106. जब एक काम्पेक्ट डिस्क *(CD)* सूर्य के प्रकाश में देखी जाती है तो इन्द्र धनुष के समान रंग दिखायी देते हैं। इसकी व्याख्या की जा सकती है—
(a) परावर्तन एवं अपवर्तन की परिघटना के आधार पर
(b) परावर्तन एवं पारगमन की परिघटना के आधार पर
(c) विवर्तन एवं पारगमन की परिघटना के आधार पर
(d) अपवर्तन, विवर्तन एवं पारगमन की परिघटना के आधार पर *[IAS, 2000]*

107. किस गुण-धर्म के कारण पानी से भरे बर्तन में डुबाई गई छड़ी मुड़ी हुई प्रतीत होती है?
(a) परावर्तन (b) न्यूटन का गति नियम
(c) अपवर्तन (d) उत्प्लावन *[RRB ASM/GG, 2005]*

108. एक समतल दर्पण पर आपतित किरण 60° का कोण बनाती है, तो परावर्तन कोण होगा—
(a) 30° (b) 60° (c) 90° (d) 180°
[RRB Gr. D2003]

109. अगर प्रकाश का आपतन कोण 90° है और अपवर्तन के बाद का कोण 30° है तो माध्यम का अपवर्तनीय सूचक है—
(a) 1.5 (b) 0.5 (c) 3.0 (d) 1.25
[RRB Loco Pilot 2002]

110. यदि किसी दर्पण को θ कोण से घुमाया जाए तो परावर्तित किरण का घूर्णन होगा—
(a) 0 (b) θ (c) $\frac{\theta}{2}$ (d) 2θ *[IAS, 1996]*

111. पूर्ण आन्तरिक परावर्तन होता है, जब प्रकाश जाता है—
(a) हीरे से कांच में (b) जल से कांच में (c) वायु से जल में (d) वायु से कांच में
[IAS, 1996]

112. मृगतृष्णा *(Mirage)* उदाहरण है—
(a) अपवर्तन का (b) पूर्ण आन्तरिक परावर्तन का
(c) विक्षेपण का (d) विवर्तन का *[UPPCS, 1995, 2012]*

113. पेट अथवा शरीर के अन्य आन्तरिक अंगों के निरीक्षण के लिए प्रयुक्त तकनीक इण्डोस्कोपी *(Endoscopy)* आधारित है—
(a) पूर्ण आन्तरिक परावर्तन पर (b) व्यतिकरण पर
(c) विवर्तन पर (d) ध्रुवण पर *[IAS, 1999; UPPCS, 2010]*

114. इन्द्रधनुष.........के कारण होता है।
(a) परावर्तन (b) अपवर्तन
(c) प्रकीर्णन (d) परावर्तन एवं अपवर्तन
[RRB Clerk 2005]

115. आकाश का रंग नीला प्रतीत होता है—
(a) विवर्तन के कारण (b) अपवर्तन के काण
(c) प्रकीर्णन के कारण (d) परावर्तन के कारण
[RRB ASM/GG 2004]

116. वायुमण्डल में प्रकाश के विसरण *(Disffusion)* का कारण है—
(a) कार्बन डाइऑक्साइड (b) धूलकण
(c) हीलियम (d) जलवाष्प *[IAS, 2003]*

है कि—

[IAS, 1994]

धनुष के समान

[IAS, 2000]

तीत होती है ?

SM/GG, 2005]

र्न कोण होगा—

0°

RB Gr. D2003]

0° है तो माध्यम

25

oco Pilot 2002]

होगा—

[IAS, 1996]

से कांच में

[IAS, 1996]

ा

S, 1995, 2012]

क इण्डोस्कोपी

UPPCS, 2010]

B Clerk 2005]

M/GG 2004]

[IAS, 2003]

---

117. खतरे के संकेतों के लिये लाल प्रकाश का प्रयोग किया जाता है, क्योंकि—
(a) इसका प्रकीर्णन सबसे कम होता है।
(b) यह आंखों के लिये आरामदायक होता है।
(c) इसका सबसे कम रासायनिक प्रभाव होता है।
(d) हवा द्वारा इसका अवशोषण सबसे कम होता है। *[UPPCS, 1995; 2007]*

118. समुद्र नीला प्रतीत होता है—
(a) अधिक गहराई के कारण
(b) आकाश के परावर्तन तथा जल के कणों द्वारा प्रकाश के प्रकीर्णन के कारण
(c) जल के नीले रंग के कारण (d) जल की ऊपरी सतह के कारण
[BPSC 1995]

119. अस्त होते समय सूर्य लाल दिखायी देता है—
(a) परावर्तन के कारण (b) प्रकीर्णन के कारण
(c) अपवर्तन के कारण (d) विवर्तन के कारण *[UPPCS, 1992]*

120. साबुन के पतले झाग में चमकदार रंगों का बनना किस परिघटना का परिणाम है ?
(a) बहुलित परावर्तन और व्यतिकरण (b) बहुलित अपवर्तन और परिक्षेपण
(c) अपवर्तन और परिक्षेपण (d) ध्रुवण और व्यतिकरण *[IAS, 1993]*

121. मोटरकार में पश्चदृश्च के लिये कौन-सा दर्पण प्रयुक्त होता है ?
(a) समतल दर्पण (b) समतल उत्तल दर्पण
(c) अवतल दर्पण (d) उत्तल दर्पण
[RRBTC 2005, UPPCS 2011]

122. दाढ़ी बनाने के लिये काम में लेते हैं—
(a) अवतल दर्पण (b) समतल दर्पण (c) उत्तल दर्पण (d) इनमें से कोई नहीं
[BPSC, 1999; Polytechnic, 2008]

123. मानव आंख की रेटिना पर कैसा प्रतिबिम्ब बनता है ?
(a) वास्तविक तथा उल्टा (b) वास्तविक तथा सीधा
(c) आभासी तथा उल्टा (d) आभासी तथा सीधा
[RRB ASM/GG, 2005; Polytechnic, 2007]

124. 1.5 मीटर लम्बे व्यक्ति को अपना सम्पूर्ण प्रतिबिम्ब देखने के लिए आवश्यक दर्पण की न्यूनतम लम्बाई होगी—
(a) 1.5 मीटर (b) 0.75 मीटर (c) 3 मीटर (d) 2 मीटर
[RRB ASM/GG, 2004, NDA 2011]

125. जब कोई वस्तु दो समानान्तर समतल दर्पणों के बीच रखी जाती है, तो बने हुए प्रतिबिम्बों की संख्या होगी ?
(a) दो (b) एक (c) छह (d) अनन्त
[UPPCS, 1994]

126. पानी में हवा का बुलबुला वैसे ही काम करेगा, जैसे करता है—
(a) उत्तल दर्पण (b) उत्तल लेन्स (c) अवतल दर्पण (d) अवतल लेन्स
[IAS, 1995, UPPCS, 2002]

127. धूप के चश्मे की क्षमता होती है—
(a) 0 डायोप्टर (b) 1 डायोप्टर (c) 92 डायोप्टर (d) 4 डायोप्टर
[UPPCS, 1995]

128. यदि किस ऐनक के लेन्स का पावर + 2 डायोप्टर हो, तो इसके फोकस की दूरी होगी—
(a) 200 सेमी० (b) 100 सेमी० (c) 50 सेमी० (d) 2 सेमी०
[BPSC 1996]

अपारदर्शी वस्तु का रंग उस रंग के कारण होता है, जिसे वह—

(a) अवशोषित करता है (b) परावर्तित करता है

(c) परावर्तित नहीं करता है (d) प्रकीर्णित करता है

130. लाल कांच को अधिक ताप पर गर्म करने पर वह दिखाई देगा—

(a) लाल (b) हरा (c) नीला (d) पीला

[RRB ASM/GC

131. प्रकाश का रंग निश्चित किया जाता है—

(a) वेग द्वारा (b) आयाम द्वारा

(c) तरंगदैर्घ्य द्वारा (d) आवृति द्वारा [RRB ASM 20

132. तीन रंग मूल रंग हैं। ये हैं—

(a) नीला, पीला और लाल (b) नीला, हरा और लाल

(c) पीला, हरा और लाल (d) नीला, पीला और हरा

[MPPSC 2004 RRB TC 20

133. सबसे कम तरंगदैर्घ्य वाला प्रकाश होता है—

(a) लाल (b) पीला (c) नीला (d) बैंगनी

[Utt.PCS, 20

134. जब प्रकाश के लाल, हरा व नीला रंगों को समान अनुपात में मिलाया जाता है, तो परिण रंग होगा—

(a) मैजेन्टा (b) सफेद (c) काला (d) स्याम

[RRB CC 20

135. कैमरे में किस प्रकार का लेन्स उपयोग में लाया जाता है?

(a) उत्तल (b) अवतल

(c) वर्तुलाकार (d) समान मोटाई का [RRB TC/CC 20

136. आइरिस *(Iris)* का क्या काम होता है?

(a) आंख में जाने वाले प्रकाश की मात्रा को नियंत्रित करना

(b) आंख में जाने वाले प्रकाश की मात्रा को लौटाना

(c) प्रतिबिम्ब लेन्स को चित्र भेजना

(d) इनमें से कोई नहीं

[RRB ASM/GG 20

137. निकट दृष्टि दोष से पीड़ित व्यक्ति के चश्में में प्रयोग किया जाता है—

(a) उत्तल लेन्स (b) समतल-उत्तल लेन्स

(c) अवतल लेन्स (d) समतल-अवतल लेन्स

[RRB ASM/GG, 2004, TC, 2005; MPPSC, 2009, CgPSC 2012]

138. दूर दृष्टि निवारण के लिये काम में लेते हैं—

(a) अवतल लेन्स (b) उत्तल दर्पण

(c) उत्तल लेन्स (d) अवतल दर्पण [BPSC, 1999]

139. दूरबीन का आविष्कार किया था—

(a) गैलीलियो (b) गुटिनबर्ग (c) एडीसन (d) ग्राहम बेल

[UPPCS, 1994]

140. आँख की रेटिना की परम्परागत कैमरा के निम्नलिखित में से किस भाग से तुलना की जा सकती है?

(a) फिल्म (b) लेंस (c) शटर (d) आवरण

141. किसी आवेशित चालक का सम्पूर्ण आवेश उसके—
(a) आन्तरिक पृष्ठ पर रहता है
(b) बाहरी पृष्ठ पर रहता है
(c) कुछ आन्तरिक पृष्ठ पर व कुछ बाहरी पृष्ठ पर रहता है
(d) सभी सत्य है

142. वस्तुओं का आवेशन किसके स्थानान्तरण के फलस्वरूप होता है—
(a) इलेक्ट्रॉन (b) पोजिट्रॉन (c) प्रोटॉन (d) न्यूट्रॉन

143. आप कार में जा रहे हैं। यदि असमान से बिजली गिरने वाली हो तो सुरक्षित रहने के लिए—
(a) कार की खिड़कियाँ बन्द कर लेंगे (b) कार की खिड़कियां खोल देंगे
(c) कार से उतरकर नीचे बैठ जायेंगें (d) कार के ऊपर बैठ जायेंगे

144. "दो स्थिर आवेशों के बीच लगने वाला बल उनकी मात्राओं के गुणनफल के अनुक्रमानुपाती तथा उनकी बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है।"—यह नियम है—
(a) ओम का नियम (b) किरचॉफ का नियम
(c) कूलम्ब का नियम (d) फैराडे का नियम

145. किसी विद्युत् परिपथ में इकाई धन आवेश को एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु तक ले जाने में किए गये कार्य द्वारा मापा जाता है, उन बिन्दुओं के बीच के—
(a) प्रतिरोध को (b) विभवान्तर को
(c) धारा को (d) विद्युत् धारा की प्रबलता को

146. सर्वाधिक विद्युत चालकता वाला तत्व क्या है ?
(a) चाँदी (b) कॉपर (c) एल्युमीनियम (d) लोहा
[CgPSC, 2012]

147. अतिचालकता का लक्षण है—
(a) उच्च पारगम्यता (b) निम्न पारगम्यता (c) शून्य पारगम्यता (d) अनन्त पारगम्यता
[BPSC, 1994]

148. अधातुएं विद्युत् की कुचालक होती हैं क्योंकि—
(a) उनमें मुक्त इलेक्ट्रॉन नहीं होते हैं। (b) उनके परमाणु हल्के होते हैं।
(c) उनका गलनांक ऊँचा होता है। (d) उपर्युक्त सभी

149. तांबा मुख्य रूप से विद्युत् चालन के लिए प्रयोग किया जाता है क्योंकि—
(a) इसका गलनांक अधिक होता है। (b) यह सस्ता होता है।
(c) यह बहुत टिकाऊ होता है। (d) इसकी विद्युत् प्रतिरोधकता निम्न होती है।

50. आपस में जुड़ी दो आवेशित वस्तुओं के बीच विद्युत् धारा नहीं बहती यदि वे होती है—
(a) समान आवेश पर (b) समान धारिता पर (c) समान विभव पर (d) समान प्रतिरोध पर

51. प्रत्यावर्ती धारा *(a.c.)* को दिष्ट धारा *(d.c.)* में परिवर्तित करने वाली युक्ति को कहते हैं—
(a) इन्वर्टर (b) ट्रान्सफॉर्मर (c) रेक्टिफायर (d) ट्रान्समीटर
[CPSC, 2009]

52. विद्युत् फिटिंग्स में एक तार को भू-सम्पर्कित किया जाता है। इसका कारण है—
(a) यदि लघु पथन (Short Circuit) हो जाए तो धारा भूमि में चली जाएगी।
(b) इससे विद्युत् का क्षय नहीं होता है।
(c) यह विद्युत् परिपथ को पूर्ण करता है।
(d) इससे विद्युत् का उच्चावचन (Fluctuation) दूर हो जाता है।

153. विभवान्तर का मात्रक होता है—
(a) एम्पियर (b) वोल्ट (c) कूलम्ब (d) ओम

154. एक आदर्श वोल्ट मीटर का प्रतिरोध होता है—
(a) शून्य (b) एक (c) 1 से कम (d) अनन्त

155. प्रतिरोध (Resistance) का मात्रक है—
(a) एम्पियर (b) कूलम्ब (c) हेनरी (d) ओम

156. घरों में लगे पंखे, बल्ब आदि लगे होते हैं—
(a) श्रेणी क्रम में (b) मिश्रित क्रम में
(c) समानान्तर क्रम में (d) किसी भी क्रम में

157. "किसी चालक के सिरों के बीच विभवान्तर उसमें बहने वाली धारा के समानुपाती हो
है।" यह नियम है—
(a) कूलम्ब का नियम (b) फैराडे का नियम (c) जूल का नियम (d) ओम का नियम

158. विशिष्ट प्रतिरोध का SI मात्रक है—
(a) ओम (b) ओम-मीटर (c) ओम / मीटर (d) ओम / मीटर^2

159. यदि 3 ओम और 6 ओम के प्रतिरोध समानान्तर क्रम में जोड़े जाए, तो सम्पूर्ण प्रति
होगा—
(a) 9 ओम (b) 3 ओम (c) 2 ओम (d) 18 ओम

160. एक शुष्क सेल में कौन-सी ऊर्जा पायी जाती है?
(a) यांत्रिक (b) विद्युत् (c) रासायनिक (d) विद्युत् चुम्बकी

161. एक समान शुष्क सेल में विद्युत् अपघट्य होता है—
(a) जिंक (b) गंधक का अम्ल
(c) अमोनियम क्लोराइड (d) कार्बन
[BPSC, 19

162. एक कार बैटरी में प्रयुक्त विद्युत् अपघट्य होता है—
(a) हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (b) सल्फ्यूरिक अम्ल
(c) नाइट्रिक अम्ल (d) आसुत जल
[BPSC, 1

163. वोल्टीय सेल *(Voltaic Cell)* के आविष्कारक हैं—
(a) बेंजामिन फ्रेंकलिन (b) थॉमस एडीसन
(c) एलिजाण्ड्रो वोल्टा (d) किरचॉफ

164. शुष्क सेल है—
(a) प्राथमिक सेल (b) द्वितीयक सेल (c) तृतीयक सेल (d) चतुर्थक सेल
[RRB CC,

165. लोहे के ऊपर जिंक की परत चढ़ाने को क्या कहते हैं?
(a) गैल्वेनाइजेशन (b) इलेक्ट्रोप्लेटिंग (c) आयनन (d) इनमें से कोई

166. वैद्युत् अपघटन सम्बन्धी नियम किसने प्रतिपादित किये हैं?
(a) ओम (b) फैराडे (c) एडीसन (d) वोल्टा

167. विद्युत् फ्यूज में इस्तेमाल किये जाने वाले मिश्रधातु में—
(a) उच्च विशिष्ट प्रतिरोध एवं निम्न गलनांक होना चाहिए
(b) निम्न विशिष्ट प्रतिरोध एवं उच्च गलनांक होना चाहिए
(c) निम्न विशिष्ट प्रतिरोध एवं निम्न गलनांक होना चाहिए
(d) उच्च विशिष्ट प्रतिरोध एवं उच्च गलनांक होना चाहिए
[NDA,

168.आम तौर पर सुरक्षा फ्यूज लगाने के लिए प्रयोग होने वाली तार किस पदार्थ की बनी होती है?

(a) टिन (b) सीसा
(c) निकिल (d) टिन और सीसे का एक मिश्र धातु

[BPSC, 2004]

169.बिजली के बल्ब का फिलामेन्ट किस तत्व से बना होता है?

(a) कॉपर (b) आयरन (c) लेड (d) टंगस्टन

[RRB ASM/GG, 2003, 2005; UPPCS, 2005]

170.विद्युत् हीटर का एलीमेन्ट *(Element)* निम्नलिखित में से किस धातु का बना होता है?

(a) नाइक्रोम (b) तांबा
(c) एल्युमिनियम (d) उपर्युक्त में कोई नहीं

171.यदि 100 वाट वाले 10 बल्ब प्रतिदिन 1 घण्टा जलते हैं, तो प्रतिदिन विद्युत् ऊर्जा के उपयोग का मान होगा—

(a) 1 यूनिट (b) 100 KWh (c) 10 यूनिट (d) 10 KWh

[RRB ASM/GG, 2004]

172.तड़ित चालक का आविष्कार किसने किया?

(a) ग्राहम बेल (b) लॉर्ड लिस्टर (c) बेंजामिन फ्रेंकलिन (d) आइन्स्टीन

[RRB ASM/GG, 2004]

173.निम्न में से कौन विद्युत् अनुचुम्बकीय *(Paramagnetic)* है?

(a) निकिल (b) कोबाल्ट (c) क्रोमियम (d) तांबा

[UPPCS, 1990]

174.निम्न में से कौन प्रतिचुम्बकीय *(Diamagnetic)* है?

(a) लोहा (b) बिस्मथ (c) निकिल (d) कोबाल्ट

[IAS, 1997]

175.विद्युत् धारा का चुम्बकीय प्रभाव सर्वप्रथम अवलोकित किया गया—

(a) हेनरी द्वारा (b) ओरस्टेड द्वारा (c) फैराडे द्वारा (d) वोल्टा द्वारा

[RRB ASM/GG, 2005]

176.विद्युत्-चुम्बकीय प्रेरण के नियमों का उपयोग निम्न में से किसको बनाने में उपयोग किया गया है?

(a) धारामापी (b) वोल्टमीटर (c) विद्युत् मोटर (d) जनित्र

177.विद्युत् मोटर निम्न सिद्धान्त के अनुसार कार्य करती है—

(a) फैराडे के नियम (b) लेन्ज का नियम (c) ओम का नियम (d) फ्लेमिंग का नियम

178.ट्रॉन्सफॉर्मर क्या है?

(a) DC को AC में परिवर्तित करता है।
(b) AC वोल्टता को घटाने और बढ़ाने में प्रयुक्त होता है।
(c) AC वोल्टता को DC वोल्टता में परिवर्तित करता है।
(d) वैद्युत् ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित करता है।

[SSC 2000, CDS 2011]

179.लेन्ज का नियम निम्नलिखित में से किसके लिए आवश्यक है?

(a) ऊर्जा का संरक्षण (b) द्रव्यमान का संरक्षण
(c) रेखीय संवेग संरक्षण (d) कोणीय संवेग संरक्षण

180.परमाणु के नाभिक में होते हैं—

(a) प्रोटॉन व न्यूट्रॉन (b) प्रोटॉन व इलेक्ट्रॉन
(c) न्यूट्रॉन व इलेक्ट्रॉन (d) सिर्फ इलेक्ट्रॉन

[UPPCS, 1996]

181. न्यूट्रॉन की खोज की थी—
(a) रदरफोर्ड ने (b) थॉमसन ने (c) चैडविक ने (d) न्यूट
[UPPCS 1995, 1996,

182. परमाणु क्रमांक *(Atomic Number)* कहते हैं—
(a) प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉनों की संख्याओं के योग को
(b) नाभिक में उपस्थित प्रोटॉनों की संख्या को (c) नाभिक में उपस्थित न्यूट्रॉनों की संख्या को
(d) न्यूट्रॉनों व इलेक्ट्रॉनों की संख्याओं के योग को

183. जिस तत्व के परमाणु में दो प्रोटॉन, दो न्यूट्रॉन और दो इलेक्ट्रॉन हों, उस तत्व का द्रव्यम संख्या (Mass Number) कितना होता है ?
(a) 2 (b) 4 (c) 6 (d) 8 [BPSC, 20

184. नाभिक का आकार है—
(a) 10^{-10} मी० (b) 10^{-9} मी० (c) 10^{-3} मी० (d) 10^{-15} मी०
[RRB ASM/GG, 20

185. पोजिट्रॉन *(Positron)* की खोज किसने की थी ?
(a) रदरफोर्ड (b) जे.जे.थॉमसन (c) चैडविक (d) एण्डरसन
[RRB ASM, 20

186. हाइड्रोजन परमाणु के न्यूक्लियस में प्रोटॉन की संख्या ज्ञात करें ?
(a) शून्य (b) एक (c) तीन (d) पाँच
[RRB ASM/GG, 20

187. इलेक्ट्रॉन की खोज की थी—
(a) थॉमसन (b) जेम्स वाट (c) गैलीलियो (d) रदरफोर्ड
[RRB TC/CC, 2

188. इलेक्ट्रॉन वहन करता है—
(a) एक यूनिट ऋणावेश (b) एक यूनिट धनावेश
(c) दो यूनिट ऋणावेश (d) दो यूनिट धनावेश [Metro Rai

189. ऐसे परमाणु जिनके परमाणु क्रमांक समान परन्तु परमाणु द्रव्यमान भिन्न-भिन्न हो कहलाते हैं—
(a) समभारिक (b) समस्थानिक (c) आइसोबार (d) इनमें से कोई
[RRB ASM/GG,

190. समस्थानिक गुण पाये जाते हैं—
(a) तत्व (b) अणु (c) परमाणु (d) यौगिक
[RRB TC

191. एक भारी नाभिक के दो हल्के नाभिकों में टूटने की प्रक्रिया को कहते हैं—
(a) नाभिकीय संलयन (b) नाभिकीय विखण्डन
(c) द्रव्यमान क्षति (d) रेडियोएक्टिव विघटन
[RRB TC/CC

192. दो हल्के नाभिक मिलकर भारी नाभिक का निर्माण करते हैं, तो इस प्रक्रिया को क
(a) नाभिकीय विखण्डन (b) नाभिकीय संलयन
(c) प्रकाश विद्युत् प्रभाव (d) रासायनिक क्रिया

193. परमाणु बम *(Atom Bomb)* का सिद्धान्त आधारित है—
(a) नाभिकीय संलयन पर (b) नाभिकीय विखण्डन पर
(c) उपर्युक्त दोनों पर (d) उपर्युक्त किसी पर नहीं [BP

---

195. को
है—
(a)

196. ना
(a

197. प
(a
(c

198. व

199.

200.

201

202

20

194. रेडियोसक्रिय पदार्थ उत्सर्जित करता है—
(a) अल्फा किरणें (b) बीटा किरणें (c) गामा किरणें (d) उपर्युक्त सभी
[BPSC, 1995]

195. कोबाल्ट–60 आमतौर पर विकिरण चिकित्सा में प्रयुक्त होता है, क्योंकि यह उत्सर्जित करता है—
(a) अल्फा किरणें (b) बीटा किरणें (c) गामा किरणें (d) एक्स किरणें
[IAS, 1999]

196. नाभिकीय रिएक्टर में निम्नलिखित में से किसे मंदक के रूप में प्रयोग किया जाता है ?
(a) थोरियम को (b) ग्रेफाइट को (c) रेडियम को (d) साधारण जल को
[UPPCS, 2011]

197. परमाणु पाइल *(Atomic Pile)* का प्रयोग कहां होता है ?
(a) एक्स किरणों के उत्पादन में (b) नाभिकीय विखण्डन के प्रचालन में
(c) ताप नाभिकीय संलयन के प्रचालन में (d) परमाणु त्वरण में *[SSC 2000]*

198. क्यूरी किसकी इकाई का नाम है ?
(a) रेडियोऐक्टिव धर्मिता (b) तापक्रम योंकि यह उत्सर्जित करता है—
(c) ऊष्मा (d) ऊर्जा *[SSC 2002]*

199. नाभिकीय रिएक्टरों में ऊर्जा उत्पन्न होती है—
(a) नियंत्रित संलयन द्वारा (b) अनियंत्रित संलयन द्वारा
(c) नियंत्रित विखण्डन द्वारा (d) अनियंत्रित विखण्डन द्वारा
[RRB ASM/GG, 2004]

200. नाभिकीय रिएक्टर में भारी जल (D_2O) का प्रयोग किस रूप में किया जाता है ?
(a) मंदक (b) शीतलक (c) परिरक्षक (d) नियंत्रक
[RRB TC, 2003]

201. द्रव्यमान ऊर्जा सम्बन्ध किसका निष्कर्ष है ?
(a) क्वान्टम सिद्धांत (b) सापेक्षता का सामान्य सिद्धांत
(c) ऊर्जा का क्षेत्र सिद्धांत (d) सापेक्षता का विशिष्ट सिद्धांत
[SSC 2005]

202. डायोड वह प्रयुक्ति है जो धारा को—
(a) एक दिशा में प्रवाहित होने देती है। (b) दोनों दिशाओं में प्रवाहित होने देती है।
(c) किसी भी दिशा में प्रवाहित होने नहीं देती है।
(d) उपर्युक्त में से कोई नहीं। *[RRB Loco Pilot 2003]*

203. रडार का उपयोग किस लिये किया जाता है ?
(a) सौर विकिरण का पता लगाने के लिये
(b) जहाजों, वायुयानों आदि को ढूंढना एवं मार्ग निर्देश करने के लिये
(c) ग्रहों को देखने के लिये
(d) भूकम्पों की तीव्रता का पता करने के लिये *[RRB CC, 2003]*

204. त्रिविमीय चित्र निम्न में से किसके द्वारा लिया जाता है ?
(a) होलोग्राफी (b) फोटोग्राफी (c) फोटोक्रोमेटिक (d) रेडियोग्राफी
[UPPCS, 1990]

205. ब्रह्माण्ड प्रसारित हो रहा है। यह प्रमाण सर्वप्रथम किसने दिया ?
(a) न्यूटन (b) एडविन हब्बल (c) गैलीलियो (d) कॉपरनिकस ने

206. ग्रहों की गति का नियम किसने प्रतिपादित किया ?
(a) न्यूटन ने (b) केप्लर ने (c) गैलीलियो ने (d) कॉपरनिकस ने

207. "पृथ्वी तथा अन्य ग्रह सूर्य के चारों ओर चक्कर लगाते हैं।" यह सबसे पहले किसने प्रमाणित किया ?
(a) अरस्तू ने (b) गैलीलियो ने (c) कॉपरनिकस ने (d) एडविन हब्बल ने

208. ब्रह्माण्ड में सबसे अधिक मात्रा में कौन-सा तत्व पाया जाता है ?
(a) हाइड्रोजन (b) नाइट्रोजन (c) हीलियम (d) ऑक्सीजन

209. तारों व सूर्य की ऊर्जा का स्रोत है—
(a) नाभिकीय संलयन (b) नाभिकीय विखण्डन
(c) विद्युत् चुम्बकीय प्रेरण (d) विद्युत् बल

210. तारों व आकाशगंगा का व्यास मापने के लिए प्रयुक्त उपकरण है—
(a) फोटोमीटर (b) बैरोमीटर (c) विस्कोमीटर (d) इन्टरफेरोमीटर

211. दो ग्रह जिनके कोई उपग्रह नहीं हैं—
(a) पृथ्वी व बृहस्पति (b) बुध व शुक्र (c) बुध व मंगल (d) शुक्र व मंगल

212. किस ग्रह के सबसे अधिक उपग्रह हैं ?
(a) शनि (b) बृहस्पति (c) मंगल (d) नेप्च्यून

[UPSC 2009]

213. निम्न में से किस ग्रह को भोर का तारा *(Morning Star)* के नाम से जाना जाता है ?
(a) बुध (b) शुक्र (c) मंगल (d) शनि

214. कौन-सा ग्रह सूर्य के चारों ओर 88 दिन में एक चक्कर लगाता है ?
(a) बुध (b) शुक्र (c) मंगल (d) शनि

215. निम्न में से किस ग्रह का घनत्व पानी से कम है तथा पानी में डाल देने पर वह तैरने लगेगा—
(a) बुध (b) शुक्र (c) शनि (d) मंगल

216. सूर्य की सतह का तापमान होता है लगभग—
(a) 5800°C (b) 1000°C (c) 2000°C (d) 4000°C

[Bihar Polytechnic 2007, NDA 2011]

217. सूर्य के सबसे निकट तारा है—
(a) बीटा सेन्टोरी (b) एल्फा सेन्टोरी
(c) गामा सेन्टोरी (d) प्रोक्सिमा सेन्टोरी

218. नेप्च्यून की खोज की—
(a) गैले ने (b) गैलीलियो ने (c) कैप्लर ने (d) न्यूटन ने

219. सूर्य के निकटतम स्थित ग्रह है—
(a) बुध (b) शुक्र (c) पृथ्वी (d) मंगल

220. सौरमंडल का सबसे छोटा ग्रह है—
(a) बुध (b) शुक्र (c) पृथ्वी (d) मंगल

221. सौरमंडल का सबसे बड़ा ग्रह है—
(a) शनि (b) बृहस्पति (c) मंगल (d) प्लूटो

[Bihar Polytechnic 2007]

222. निम्नलिखित में से कौन-सा एक तारा पृथ्वी के सर्वाधिक समीप है ?
(a) ध्रुवतारा (b) धूमकेतु (c) सूर्य (d) लुब्धक

223. मंगल और बृहस्पति की कक्षाओं के बीच सूर्य के चारों ओर परिक्रमा करने वाले शैल के छोटे टुकड़ों के समूह को क्या कहते हैं ?
(a) उल्का (b) धूमकेतु (c) उल्का पिण्ड (d) क्षुद्र ग्रह

[illegible] का धूमकेतु सूर्य की परिक्रमा करता है—
(a) 40 वर्षों में (b) 46 वर्षों में (c) 60 वर्षों में (d) 76 वर्षों में

225. मनुष्य ने पहली बार किस वर्ष चांद पर कदम रखा ?
(a) 1963 ई० (b) 1965 ई० (c) 1969 ई० (d) 1972 ई०

226. अंतरिक्ष यात्री को आकाश का रंग दिखाई देता है—
(a) नीला (b) लाल (c) सफेद (d) काला

227. 'लाल ग्रह' *(Red Planet)* के नाम से जाना जाता है—
(a) बुध (b) शुक्र (c) मंगल (d) शनि

228. पृथ्वी सूर्य का एक चक्कर कितने समय में पूरा करती है ?
(a) 360 दिन (b) 364 दिन (c) 365.25 दिन (d) 24 घंटे

229. पेरिस स्थित अंतर्राष्ट्रीय खगोलीय संघ *(IAU)* के माइनर प्लेनेट सेंटर ने प्लूटो को कौन-सा नया दिया है ?
(a) 134340 (b) 238380 (c) इरिस (d) निक्स

230. मिथेन जिसके वायुमंडल में उपस्थित है, वह है—
(a) चन्द्रमा (b) सूर्य (c) बृहस्पति (d) मंगल
[UPPSC, 2010]

231. एक खगोलीय इकाई निम्न के बीच की औसत दूरी है
(a) पृथ्वी और सूर्य (b) पृथ्वी और चन्द्रमा
(c) बृहस्पति और सूर्य (d) प्लूटो और सूर्य *[MPPSC, 2010]*

232. ब्लैक होल के सिद्धांत को प्रतिपादित किया था—
(a) सी. बी. रमन ने (b) एच. जे. भाभा ने (c) एस. चन्द्रशेखर ने (d) एच. खुराना ने
[UPPCS, 2011]

233. आकाशीय पिण्डों का अध्ययन करने वाले भौतिक विज्ञान की शाखा को कहते हैं—
(a) एस्ट्रोफिजिक्स (b) एस्ट्रोनॉमी (c) एस्ट्रॉनाटिक्स (d) एस्ट्रॉलॉजी

234. कॉस्मिक किरणों की खोज की—
(a) ब्रूनो रोसी ने (b) विक्टर हेस ने
(c) कॉपरनिकस ने (d) एडविन हबल ने

235. रडार के आविष्कारक थे—
(a) जे० एच० वान टैसेल (b) बिल्हेल्म के० रॉन्टजन
(c) पी० टी० फार्न्सवर्थ (d) राबर्ट वाट्सन *[SSC 2000, BPSC 2008]*

236. गुरूत्वाकर्षण नियमों के आविष्कारक कौन हैं ?
(a) एडीसन (b) न्यूटन (c) फैराडे (d) इनमें से कोई नहीं
[RRB Loco Pilot 2003, MPPSC 2011]

237. नोबेल पुरस्कार एल्फ्रेड नोबेल के नाम पर शुरू हुआ जिन्होंने खोज की थी—
(a) हवाई जहाज की (b) टेलीफोन की (c) सेफ्टी लैम्प की (d) डायनामाइट की
[RRB GG, 2003]

238. टेलीविजन का आविष्कार किसने किया था ?
(a) डब्ल्यू रैमजे (b) रॉबर्ट मालेज (c) जे० एल० बेयर्ड (d) जान्सन
[RRB GG, 2003]

239. राइट ब्रदर्स ने किसका आविष्कार किया ?
(a) दूरबीन (b) रेडियो (c) विमान (d) उपग्रह

240. एक्स-रे का आविष्कार किसने किया था ?
(a) हॉपकिन्स
(b) रॉन्टजन
(c) मार्कोनी
(d) मोर्स
[RRBGG, 2003]

241. परमाणु बम का विकास किसने किया ?
(a) जे० रॉबर्ट ऑपेन हीमर
(b) वर्नर वॉन ब्रॉन
(c) एडवर्ड टेलर
(d) सैमुएल कोहेन
[SSC 2002]

242. प्रक्षेपास्त्र का विकास किसने किया ?
(a) वर्नस वॉन ब्रॉन
(b) जे० रॉबर्ट ओपेन हीमर
(c) एडवर्ड टेलर
(d) सैमुएल कोहेन
[SSC 2002]

243. हाइड्रोजन बम किसने विकसित किया ?
(a) वर्नर वॉम ब्रौन
(b) एडवर्ड टेलर
(c) जे० रॉबर्ट ओपेन हीमर
(d) सैमुएल कोहेन
[SSC 2002]

244. इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी का आविष्कार किसने किया था ?
(a) नोल और रूस्का
(b) रॉबर्ट कोच
(c) ल्यूवेन हॉक
(d) सी० पी० स्वानसन
[SSC 2004]

245. स्कूटर के आविष्कार हैं—
(a) ब्राड शॉ
(b) डैमलर
(c) आइन्स्टीन
(d) फारमिच
[RRB ASM/GG, 2005]

246. सापेक्ष आर्द्रता *(Relative Humidity)* नापी जाती है—
(a) हाइड्रोमीटर से
(b) हाइग्रोमीटर से
(c) लैक्टोमीटर से
(d) पोटैन्शियोमीटर से
[UPPCS, 1996; CPO SI 2003; CPSC, 2009]

247. निम्न में से किसका उपयोग ऊंचाई नापने के लिये होता है ?
(a) बैरोमीटर
(b) प्लानी मीटर
(c) अल्टीमीटर
(d) हाइड्रोमीटर
[RRB TC/CC, 2002]

248. सूर्य की किरणों की तीव्रता मापने वाले उपकरण को क्या कहते हैं ?
(a) एस्ट्रोमीटर
(b) क्रेस्कोग्राफ
(c) एक्टिनोमीटर
(d) बैरोमीटर
[RRB G.G. 2003]

249. वह उपकरण कौन-सा है जिससे समुद्रों की गहराई को मापने के लिए ध्वनि तरंग का प्रयोग किया जाता है ?
(a) रडार
(b) सोनार
(c) आल्टीमीटर
(d) वेन्चुरीमीटर
[SSC 2003]

250. थर्मोस्टेट का प्रयोजन क्या है ?
(a) तापमान को मापना
(b) तापमान को बढ़ाना
(c) तापमान को स्थिर रखना
(d) ताप को विद्युत् में बदलना
[MPPSC, 2004; UPPSC 2007]

251. रेडियेटर का कार्य है—
(a) इंजन को गर्म करना
(b) तापीय विकिरण को रोकना
(c) इंजन को ठंडा रखना
(d) इनमें से कोई नहीं

252. रिकॉर्ड करने और रिकॉर्ड की हुई डिक्टेशन को पुनः रिप्रोड्यूश करने के लिए प्रयुक्त उपकरण को कहा जाता है—
(a) ऑडियोफोन
(b) डिक्टाफोन
(c) ग्रामोफोन
(d) माइक्रोफोन
[RRB ASM/GC 2004]

253. सापेक्षता का सिद्धांत *(Theory of Relativity)* किसने दिया ?
(a) न्यूटन (b) पास्कल (c) आइन्स्टीन (d) आर्किमिडीज
[RRB ASM 2003; RRB ASM/GG, 2004]

254. 'Law of Floating' सिद्धान्त की खोज किसने की थी ?
(a) न्यूटन (b) राइटर ब्रदर्स (c) गैलीलियो (d) आर्किमिडीज
[RRB Loco Pilot 2002]

255. मेघाच्छादित रातें, स्वच्छ रातों की तुलना में किसके कारण से अधिक गर्म होती हैं ?
(a) ग्रीन हाउस प्रभाव (b) ओजोन परत में अवक्षय
(c) आतपन (d) स्थलीय विकिरण *[NDA 2010]*

256. ध्वनि का एक अभिलक्षण 'तारत्व' *(pitch)* है, जो निर्भर करता है, उसकी—
(a) तीव्रता पर (b) आवृत्ति पर
(c) गुणता पर (d) इनमें से कोई नहीं *[NDA 2010]*

257. अभिदृश्यक की फोकस दूरी का नेत्रिका की फोकस दूरी से अनुपात किसके लिए एक से अधिक होता है ?
(a) सूक्ष्मदर्शी (b) दूरदर्शक
(c) सूक्ष्मदर्शी एवं दूरदर्शक दोनों (d) न तो सूक्ष्मदर्शी, न ही दूरदर्शक
[NDA 2010]

258. समान्तर क्रम में जुड़े, प्रत्येक r प्रतिरोध के, तीन एकसमान प्रतिरोधकों का प्रभावी प्रतिरोध क्या होगा ?
(a) $3/r$ (b) $r/3$ (c) $3r$ (d) r^3 *[NDA 2010]*

259. गर्म मौसम में पंखा आराम का एहसास दिलाता है, क्योंकि—
(a) हमारा शरीर हवा में अपेक्षाकृत अधिक ऊष्मा विकीर्ण करता है
(b) पंखा ठण्डी हवा देता है (c) हवा की चालकता बढ़ जाती है
(d) हमारा पसीना द्रुतता से वाष्पित होता है *[NDA 2010]*

260. एक्स-किरणों के वेग का गामा-किरणों के वेग से अनुपात कितना होता है ?
(a) < 1 (b) > 1 (c) 1
(d) उनकी आवृत्तियों के अनुपात पर निर्भर करता है *[NDA 2010]*

261. निम्नलिखित किरण-युग्मों में से कौन-सी, प्रकृति में विद्युत्चुम्बकीय होती हैं ?
(a) बीटा-किरणें एवं गामा-किरणें (b) कैथोड-किरणें एवं एक्स-किरणें
(c) एल्फा-किरणें एवं बीटा-किरणें (d) एक्स-किरणें एवं गामा-किरणें
[NDA 2010]

262. एक छड़ चुम्बक द्वारा उत्पन्न चुम्बकीय बल-रेखाएँ—
(a) चुम्बक-पिण्ड के अंदर प्रतिच्छेद करती हैं
(b) केवल उदासीन बिन्दुओं पर प्रतिच्छेद करती हैं
(c) केवल उत्तरी एवं दक्षिणी ध्रुवों पर प्रतिच्छेद करती हैं
(d) बिलकुल प्रतिच्छेद नहीं कर सकती हैं *[NDA 2010]*

263. एक चालक तार का विशिष्ट प्रतिरोध किन पर निर्भर करता है—
(a) तार की लंबाई, तार के अनुप्रस्थ परिच्छेद क्षेत्र तथा तार के पदार्थ पर
(b) तार की लंबाई एवं तार के अनुप्रस्थ परिच्छेद क्षेत्र पर, किन्तु तार के पदार्थ पर नहीं
(c) केवल तार के पदार्थ पर, लेकिन न तो तार की लंबाई पर न ही तार के अनुप्रस्थ परिच्छेद क्षेत्र पर
(d) केवल तार की लंबाई पर, लेकिन न तो तार के अनुप्रस्थ परिच्छेद क्षेत्र पर न ही तार के पदार्थ पर *[NDA 2010]*

Compiled By Hemraj Scanned by CamScanner

264. जब एक्स-किरणें उत्पादित होती हैं, तो—

(a) लक्ष्य पर ऊष्मा उत्पन्न होती है (b) लक्ष्य पर ऊष्मा अवशोषित होती है

(c) लक्ष्य का ताप स्थिर रहता है (d) लक्ष्य पर चमकीला प्रकाश देखा जाता है

[NDA 2010]

265. निम्नलिखित कथनों में से कौन-सा एक सही नहीं है ?

(a) मुक्ततः निलम्बित चुम्बक के अक्ष से जाते एक ऊर्ध्वाधर तल को चुम्बकीय याम्योत्तर कहते हैं।

(b) पृथ्वी के घूर्णन अक्ष से जाते ऊर्ध्वाधर तल को भौगोलिक याम्योत्तर कहते हैं।

(c) जिस मात्रा में चुम्बकीय क्षेत्र एक माध्यम का वेधन करता है, वह माध्यम की आपेक्षिक पारगम्यता कहलाती है।

(d) आपेक्षिक पारगम्यता एक विमारहित राशि नहीं होती है। *[NDA 2010]*

266. एक अवतल दर्पण के वक्रता-केन्द्र पर रखे वस्तु का प्रतिबिम्ब कहाँ बनेगा ?

(a) मुख्य फोकस पर (b) मुख्य फोकस तथा वक्रता-केन्द्र के बीच

(c) वक्रता-केन्द्र पर (d) वक्रता-केन्द्र के परे *[NDA 2010]*

267. एक समतल दर्पण की वक्रता-त्रिज्या क्या है ?

(a) शून्य (b) अनन्त

(c) शून्य व अनन्त के बीच कुछ भी (d) इनमें से कोई नहीं *[NDA, 2010]*

268. जल से भरे एक बीकर में एक सिक्का ऊपर उठा प्रतीत होता है। यह परिघटना किस गुण के कारण होती है ?

(a) प्रकाश का परावर्तन (b) प्रकाश का अपवर्तन

(c) प्रकाश का पूर्ण आन्तरिक परावर्तन (d) प्रकाश का व्यतिकरण *[NDA 2010]*

269. प्रकाश की एक किरण एक पारदर्शी ग्लास प्लेट पर गिरती है। इसका एक अंश परावर्तित और एक अंश अपवर्तित हो जाता है। परावर्तित एवं अपवर्तित किरणें आपस में लम्बवत् होंगी—

(a) 90° आपतन कोण के लिए (b) शून्य आपतन कोण के लिए

(c) केवल एक आपतन कोण के लिए (d) एक से अधिक आपतन कोणों के लिए *[NDA 2010]*

270. एक साँवली त्वचा का व्यक्ति, एक गोरी त्वचा के व्यक्ति की तुलना में—

(a) कम गर्मी तथा कम सर्दी अनुभव करेगा

(b) कम गर्मी तथा अधिक सर्दी अनुभव करेगा

(c) अधिक गर्मी तथा कम सर्दी अनुभव करेगा

(d) अधिक गर्मी तथा अधिक सर्दी अनुभव करेगा *[NDA 2010]*

271. निम्नलिखित में से कौन-सा एक, न्यूनतम ताप द्योतित करता है ?

(a) 1° सेल्सियस मापक्रम पर (b) 1 केल्विन मापक्रम पर

(c) 1° फारेनहाइट मापक्रम पर (d) 1° रिऑमर मापक्रम पर *[NDA 2010]*

272. यदि एक पिण्ड सरल आवर्त गति में गतिशील हो, तो वेग एवं त्वरण में कलान्तर (phase difference) कितना होगा ?

(a) 0° (b) 90° (c) 180° (d) 270° *[NDA 2010]*

273. एक पिण्ड ऊर्ध्वाधर दिशा में ऊपर प्रक्षेपित किया जाता है तथा यह पुनः धरातल पर गिरता है। इसकी स्थितिज ऊर्जा—

(a) धरातल पर अधिकतम होगी (b) सर्वाधिक ऊँचाई पर अधिकतम होगी

(c) वापसी यात्रा के दौरान अधिकतम होगी

(d) धरातल तथा अधिकतम ऊँचाई दोनों पर अधिकतम होगी

[NDA 2010]

...गुणों में से किस एक की एकसमान विमा नहीं है?

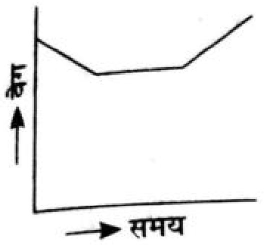
(a) स्थितिज ऊर्जा एवं गतिज ऊर्जा (b) घनत्व एवं विशिष्ट घनत्व

(c) फोकस दूरी एवं ऊँचाई (d) गुरुत्वीय बल एवं घर्षण बल

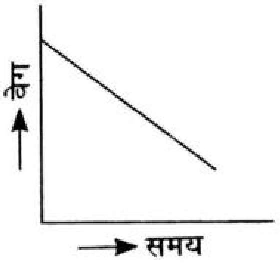
[NDA 2010]

275. निम्नलिखित आलेखों में से कौन-सा एक, एकसमान गति निरूपित करता है?

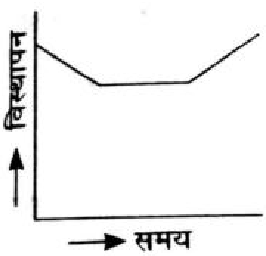
(a)



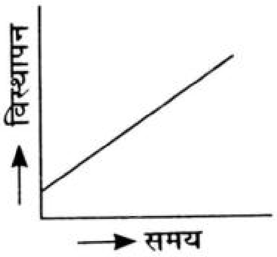
(b)



(c)



(d)



[NDA 2010]

276. सरल आवर्त गति में एक सरल लोलक के लिए, निम्नलिखित कथनों में से कौन सही है?

(a) माध्य स्थिति में गतिज ऊर्जा अधिकतम है।

(b) माध्य स्थिति में स्थितिज ऊर्जा अधिकतम है।

(c) माध्य स्थिति में त्वरण अधिकतम है।

नीचे दिए गए कूट का प्रयोग कर सही उत्तर चुनिए :

कूट :

(a) केवल 1 (b) केवल 2 (c) 1 और 3 (d) 2 और 3

[NDA 2010]

277. ऊष्मा के सर्वोत्तम एवं निकृष्टतम चालक क्रमशः क्या हैं?

(a) चाँदी एवं सीसा (b) ताम्र एवं ऐल्यूमिनियम

(c) चाँदी एवं स्वर्ण (d) ताम्र एवं स्वर्ण *[NDA 2010]*

278. मोटर कार में शीतलन तंत्र (रेडिएटर) किस सिद्धांत पर कार्य करता है?

(a) केवल चालन (b) केवल संवहन

(c) केवल विकिरण (d) चालन एवं विकिरण दोनों *[UPSC 2010]*

279. अत्यधिक ऊँचाइयों पर भोजन बनाने के लिए प्रेशर कुकर बेहतर है, क्योंकि जल का क्वथनांक—

(a) उच्चतर वायुमण्डलीय दाब के कारण कम हो जाता है।

(b) निम्नतर वायुमण्डलीय दाब के कारण कम हो जाता है।

(c) लघुकृत गुरुत्वाकर्षण बल के कारण बढ़ जाता है।

(d) वायुमण्डल में बढ़ी हुई ओज़ोन मात्रा के कारण कम हो जाता है। *[CDS 2010]*

280. सौरप्रकाश में सर्वाधिक सामान्य प्रकार की विकिरण ऊर्जा, जो मनुष्यों में त्वचा की धूप-ताम्रता का कारण होती है, क्या कहलाती है?

(a) पराबैंगनी विकिरण (b) दृश्य विकिरण

(c) अवरक्त विकिरण (d) सूक्ष्मतरंग विकिरण *[CDS 2010]*

281. निम्नलिखित कथनों पर विचार कीजिए :

1. निकटदृष्टि वाला व्यक्ति दूरस्थ वस्तुओं को सुस्पष्टता से देख सकता है परन्तु निकटस्थ वस्तुओं को स्पष्टता से नहीं देख सकता।
2. दीर्घदृष्टि वाला व्यक्ति दूरस्थ वस्तुओं को स्पष्टता से नहीं देख सकता।
3. जरा-दूरदर्शिता वाला व्यक्ति निकटस्थ वस्तुओं को बिना संशोधक चश्मे के देख सकता है।

उपर्युक्त कथनों में से कौन-सा/से सही नहीं है / हैं ?

(a) 1, 2 और 3
(b) केवल 1 और 2
(c) केवल 2 और 3
(d) केवल 3

[CDS 2010]

282. निम्नलिखित कथनों पर विचार कीजिए :

1. साफ आसमान दृश्य प्रकाश के नीले तरंगदैर्घ्य के अल्प प्रकीर्णन के कारण नीला दिखता है।
2. वायुमण्डल में प्रकाश का रक्त भाग नीले प्रकाश की अपेक्षा अधिक प्रकीर्णन प्रदर्शित करता है।
3. वायुमण्डल की अनुपस्थिति में प्रकाश का प्रकीर्णन नहीं होगा और आकाश कृष्ण दिखेगा।

उपर्युक्त कथनों में से कौन-सा / से सही है / हैं ?

(a) केवल 1
(b) केवल 1 और 2
(c) केवल 3
(d) 1, 2 और 3

[CDS, 2010]

283. जब किसी शेविंग ब्रुश को पानी में से निकाला जाता है, तब उसके बाल आपस में किस कारण चिपक जाते हैं ?

(a) श्यानता
(b) पृष्ठ तनाव
(c) घर्षण
(d) प्रत्यास्थता

[CDS 2010]

284. सरल आवर्ती गति कर रहे कण पर कार्यशील बल—

(a) विस्थापन के अनुक्रमानुपाती होता है और माध्य स्थिति से दूर निदेशित होता है।
(b) विस्थापन के अनुक्रमानुपाती होता है और माध्य स्थिति की ओर निदेशित होता है।
(c) विस्थापन के अनुक्रमानुपाती होता है और माध्य स्थिति की ओर निदेशित होता है।
(d) विस्थापन के व्युत्क्रमानुपाती होता है और माध्य स्थिति से दूर निदेशित होता है।

[CDS 2010]

285. एक मनुष्य द्वारा भूमि पर लगाया गया दबाव सबसे अधिक कब होता है ?

(a) जब वह नीचे भूमि पर लेट जाता है।
(b) जब वह एक पैर की पादांगुलि पर खड़ा होता है।
(c) जब वह दोनों पादों को भूमि पर सपाट रख कर खड़ा होता है।
(d) उपर्युक्त सभी समान दबाव उत्पन्न करते हैं।

[CDS 2010]

286. निम्नलिखित में से कौन-सा एक नाभिकीय विखंडन रिऐक्टर में आवश्यक नहीं है ?

(a) विमंदक
(b) शीतलक
(c) त्वरक
(d) नियंत्रण युक्ति

[CDS 2010]

287. यदि 1 kg द्रव्यमान वाली एक वस्तु पर 1 N का बल डाला जाता है तो यह—

(a) 1 m/s की चाल से गति करेगी
(b) 1 km/s की चाल से गति करेगी
(c) 10 m/s^2 के त्वरण से गति करेगी
(d) 1 m/s^2 के त्वरण से गति करेगी

[CDS 2010]

288. निम्नलिखित कथनों पर विचार कीजिए :

1. पृथ्वी अपनी कक्षा पर एकसमान दर से गति नहीं करती।
2. पृथ्वी की गति रविनीच पर तीव्रतम और रविउच्च पर न्यूनतम होती है।

उपर्युक्त कथन, निम्नलिखित किस एक नियम के लिए सत्य हैं ?

(a) केपलर का द्वितीय नियम
(b) न्यूटन का गति का द्वितीय नियम
(c) ओम का नियम
(d) न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण का नियम

[CDS 2010]

उत्तर

1. (a)	2. (a)	3. (c)	4. (c)	5. (a)	6. (d)	7. (b)	8. (a)
9. (d)	10. (c)	11. (a)	12. (a)	13. (a)	14. (c)	15. (b)	16. (a)
17. (a)	18. (d)	19. (c)	20. (b)	21. (b)	22. (b)	23. (d)	24. (b)
25. (c)	26. (c)	27. (b)	28. (c)	29. (c)	30. (a)	31. (d)	32. (b)
33. (c)	34. (b)	35. (d)	36. (b)	37. (c)	38. (a)	39. (a)	40. (a)
41. (d)	42. (b)	43. (d)	44. (a)	45. (b)	46. (b)	47. (d)	48. (b)
49. (a)	50. (b)	51. (a)	52. (b)	53. (b)	54. (b)	55. (c)	56. (b)
57. (c)	58. (b)	59. (a)	60. (a)	61. (b)	62. (a)	63. (a)	64. (d)
65. (b)	66. (a)	67. (a)	68. (a)	69. (a)	70. (b)	71. (d)	72. (a)
73. (d)	74. (d)	75. (d)	76. (c)	77. (c)	78. (d)	79. (b)	80. (b)
81. (d)	82. (a)	83. (a)	84. (a)	85. (a)	86. (b)	87. (b)	88. (a)
89. (d)	90. (c)	91. (d)	92. (a)	93. (d)	94. (c)	95. (a)	96. (a)
97. (a)	98. (a)	99. (a)	100. (c)	101. (a)	102. (c)	103. (a)	104. (b)
105. (b)	106. (a)	107. (c)	108. (b)	109. (c)	110. (d)	111. (a)	112. (b)
113. (a)	114. (d)	115. (c)	116. (b)	117. (a)	118. (b)	119. (b)	120. (a)
121. (d)	122. (a)	123. (a)	124. (b)	125. (d)	126. (d)	127. (a)	128. (c)
129. (c)	130. (b)	131. (c)	132. (b)	133. (d)	134. (b)	135. (a)	136. (a)
137. (c)	138. (c)	139. (a)	140. (a)	141. (b)	142. (a)	143. (a)	144. (c)
145. (b)	146. (a)	147. (a)	148. (a)	149. (b)	150. (c)	151. (c)	152. (a)
153. (b)	154. (d)	155. (d)	156. (c)	157. (d)	158. (b)	159. (c)	160. (c)
161. (c)	162. (b)	163. (c)	164. (a)	165. (a)	166. (b)	167. (c)	168. (d)
169. (d)	170. (a)	171. (a)	172. (c)	173. (c)	174. (b)	175. (b)	176. (d)
177. (a)	178. (b)	179. (a)	180. (a)	181. (c)	182. (b)	183. (b)	184. (d)
185. (d)	186. (b)	187. (a)	188. (a)	189. (b)	190. (a)	191. (b)	192. (b)
193. (b)	194. (d)	195. (c)	196. (b)	197. (b)	198. (a)	199. (c)	200. (a)
201. (d)	202. (a)	203. (b)	204. (a)	205. (b)	206. (b)	207. (c)	208. (a)
209. (a)	210. (d)	211. (b)	212. (a)	213. (b)	214. (a)	215. (c)	216. (a)
217. (d)	218. (a)	219. (a)	220. (a)	221. (b)	222. (c)	223. (d)	224. (d)
225. (c)	226. (d)	227. (c)	228. (c)	229. (a)	230. (c)	231. (a)	232. (c)
233. (a)	234. (b)	235. (d)	236. (b)	237. (d)	238. (c)	239. (c)	240. (b)
241. (a)	242. (a)	243. (b)	244. (a)	245. (a)	246. (b)	247. (c)	248. (c)
249. (b)	250. (c)	251. (c)	252. (b)	253. (c)	254. (d)	255. (d)	256. (b)
257. (b)	258. (b)	259. (d)	260. (c)	261. (d)	262. (d)	263. (c)	264. (c)
265. (d)	266. (c)	267. (b)	268. (b)	269. (c)	270. (c)	271. (b)	272. (b)
273. (b)	274. (b)	275. (d)	276. (a)	277. (a)	278. (b)	279. (b)	280. (a)
281. (a)	282. (c)	283. (b)	284. (c)	285. (b)	286. (c)	287. (d)	288. (a)

* * *